

Universidad de **Cádiz**

Proyectos de fin de carrera de **Ingeniería Química**

Facultad: CIENCIAS

Titulación: INGENIERÍA QUÍMICA

Título: DISEÑO DE UNA PLANTA DE
TRATAMIENTO EN FRÍO PARA LA
ESTABILIZACIÓN DE VINOS

Autor: José María MORENO RODRÍGUEZ

Fecha: Julio 2011





DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO EN FRÍO PARA LA ESTABILIZACIÓN TARTÁRICA DE VINOS

RESUMEN Y DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

Los vinos de Jerez son tratados antes de su embotellado por distintos procesos, con el fin de comercializar los productos limpios y estables, con el objetivo de que no presente ningún tipo de precipitado. Por tanto, se hace totalmente indispensable llevar a cabo la estabilización tartárica de los vinos mediante un tratamiento térmico a baja temperatura para conseguir una estabilidad duradera en cuanto a precipitaciones de sales tartáricas, pensado principalmente en los destinos de estos vinos, países por lo general mucho más fríos que la zona de producción y crianza.

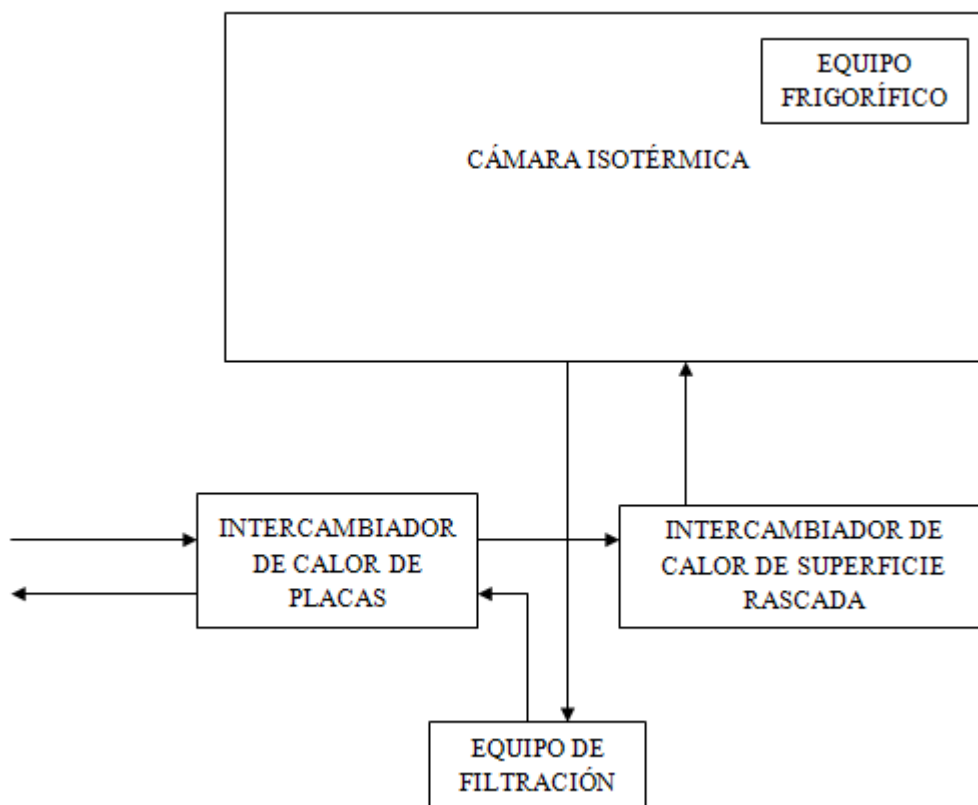
En este proyecto se diseñará una planta de tratamiento en frío que constará de 14 depósitos con una capacidad total de 720.000 L de los cuales 10 depósitos son de 60.000 L, 2 son de 45.000 L y 2 son de 15.000 L, un intercambiador de calor de placas, un intercambiador de calor de superficie rascada y un equipo frigorífico. En la planta serán procesados 120.000 L/día con un caudal de 10.000 L/h.

La descripción del proceso de estabilización del vino en la planta diseñada en el presente proyecto se detalla a continuación:

El vino que previamente se ha sometido a un prefiltrado que elimina los coloides protectores que se oponen a la precipitación de las sales tartáricas, se dirige hacia la planta diseñada donde comienza su proceso de tratamiento en frío reduciendo su temperatura hasta $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$ mediante la utilización del intercambiador de calor de placas. Tras alcanzar esta temperatura el vino es conducido hacia el intercambiador de calor de superficie rascada con el objeto de alcanzar la temperatura de tratamiento, $-6,5\text{ }^{\circ}\text{C}$, que se consigue gracias al uso de un fluido refrigerante. Posteriormente el vino a $-6,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ se lleva a los depósitos que se encuentran en la cámara isotérmica donde se mantiene esta temperatura durante siete días. Aunque previamente existe la estructura física de la cámara se realiza

el aislamiento de la misma y la incorporación de un equipo frigorífico el cual mantiene la temperatura de tratamiento constante.

En este punto del proceso del tratamiento en frío se producirán todas las insolubilizaciones de las sales que se pretende evitar que ocurran posteriormente. Transcurrido este periodo el vino es conducido desde los depósitos hacia el equipo de filtración (este equipo no es objeto del presente proyecto) dirigiéndose posteriormente, el vino libre de sólidos en suspensión, hacia el intercambiador de calor de placas anteriormente citado. En este equipo tiene lugar un intercambio de calor entre el vino estabilizado y filtrado y el vino de entrada a la planta diseñada. El principal objetivo de este último paso es la recuperación de temperatura.



José María Moreno Rodríguez

DOCUMENTOS DEL PROYECTO

DOCUMENTO N°1: MEMORIA DESCRIPTIVA.....	2
DOCUMENTO N°2: PLANOS.....	406
DOCUMENTOS N°3: PLIEGO DE CONDICIONES.....	416
DOCUMENTO N°4: PRESUPUESTO.....	451

DOCUMENTO N°1: MEMORIA
DESCRIPTIVA

ÍNDICE

1. OBJETO Y JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO	8
1.1. OBJETO DEL PROYECTO.....	8
1.2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.....	8
1.3. UBICACIÓN Y EMPLAZAMIENTO.....	8
2. ANTECEDENTES	9
2.1. DESCRIPCIÓN DE LA ELABORACIÓN DE LOS VINOS DE JEREZ.....	9
2.1.1. VARIEDAD Y CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE LOS VINOS DE JEREZ.....	12
2.1.2. DATOS DE PRODUCCIÓN.....	14
2.1.3. VARIETADES DE UVAS.....	16
2.1.4. EL CULTIVO.....	18
2.1.5. LA VENDIMIA Y LA VINIFICACIÓN.....	20
2.1.6. TIPOS DE CRIANZA Y SISTEMA DE CRIADERA Y SOLERA.....	22
2.2. CARACTERÍSTICAS DEL MEDIO.....	27
2.2.1. CLIMATOLOGÍA.....	27
2.2.2. SUELO.....	28
2.3. APLICACIÓN DEL FRÍO EN LA BODEGA.....	30
2.4. TÉCNICAS DE ESTABILIZACIÓN TARTÁRICA.....	33
2.4.1. DESCRIPCIÓN DE LA TÉCNICA ADOPTADA.....	34
2.5. FUNDAMENTOS DEL TRATAMIENTO POR FRÍO.....	36
2.5.1. REGLAS PARA EL ÉXITO DE LA PRECIPITACIÓN DEL TÁRTARO.....	37
2.5.2. EL ÁCIDO TARTÁRICO Y SALES FORMADAS.....	38
2.5.3. FACTORES QUE AFECTAN A LA SOLUBILIZACIÓN DE LAS SALES TARTÁRICAS.....	40
3. ANTECEDENTES SOBRE LOS EQUIPOS Y LA INSTALACIÓN DE TRATAMIENTO EN FRÍO	44
3.1. EQUIPOS DE LA INSTALACIÓN.....	44

3.2.	INTERCAMBIADOR DE CALOR DE PLACAS.....	45
3.2.1.	COMPONENTES DE UN INTERCAMBIADOR DE CALOR DE PLACAS DE JUNTAS.....	46
3.2.2.	TIPOS DE FLUJOS.....	53
3.2.3.	TIPOS DE INTERCAMBIADORES DE CALOR DE PLACAS.....	54
3.2.3.1.	SEGÚN LA FORMA DE UNIÓN DE LAS PLACAS DEL INTERCAMBIADOR.....	55
3.2.3.2.	SEGÚN EL TIPO DE FLUJO DEL INTERCAMBIADOR.....	56
3.2.3.3.	SEGÚN EL NÚMERO DE PASOS.....	56
3.2.3.4.	SEGÚN EL NÚMERO DE CIRCUITOS REFRIGERANTES.....	57
3.2.4.	VENTAJAS Y LIMITACIONES DEL INTERCAMBIADOR DE CALOR DE PLACAS.....	58
3.2.4.1.	VENTAJAS DEL INTERCAMBIADOR DE CALOR DE PLACAS.....	58
3.2.4.2.	LIMITACIONES DEL INTERCAMBIADOR DE CALOR DE PLACAS.....	59
3.3.	INTERCAMBIADOR DE CALOR DE SUPERFICIE RASCADA.....	61
3.3.1.	CARACTERÍSTICAS DE LOS INTERCAMBIADORES DE CALOR DE SUPERFICIE RASCADA.....	61
3.4.	DEPÓSITOS DE FRÍO.....	65
3.4.1.	DEPÓSITOS DE ALMACENAMIENTO.....	65
3.4.2.	DEPÓSITOS DE ACERO.....	67
3.4.2.1.	DEPÓSITOS DE ACERO INOXIDABLE.....	68
3.5.	CÁMARA ISOTÉRMICA.....	73
3.5.1.	BARRERA ANTIVAPOR.....	73
3.5.2.	MATERIAL AISLANTE.....	75
3.5.2.1.	OBJETIVOS.....	75

3.5.2.2.	ASPECTOS A CONSIDERAR.....	76
3.5.2.3.	CARACTERÍSTICA DE LOS AISLANTES.....	76
3.5.2.4.	CLASIFICACIÓN DE LOS AISLANTES.....	77
3.5.2.5.	AHORRO DE ENERGÍA.....	77
3.5.3.	REVESTIMIENTO.....	78
3.6.	EQUIPO FRIGORÍFICO.....	79
3.6.1.	CICLO DE COMPRESIÓN.....	79
3.6.2.	FLUIDOS REFRIGERANTES.....	80
3.6.2.1.	CARACTERÍSTICAS DE LOS REFRIGERANTES.....	81
3.6.2.1.1.	CARACTERÍSTICAS FÍSICAS.....	81
3.6.2.1.2.	CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS.....	82
3.6.2.1.3.	CARACTERÍSTICAS DE SEGURIDAD.....	82
3.6.3.	EVAPORADORES.....	85
3.6.3.1.	CARACTERÍSTICAS QUE DEBE REUNIR UN EVAPORADOR.....	87
3.6.3.2.	TIPOS DE EVAPORADORES.....	88
3.6.4.	COMPRESORES.....	92
3.6.4.1.	TIPOS DE COMPRESORES.....	92
3.6.5.	CONDENSADORES.....	99
3.6.5.1.	TIPOS DE CONDENSADORES.....	100
3.6.6.	PRINCIPALES ELEMENTOS DE REGULACIÓN Y ACCESORIOS.....	107
3.6.7.	CONDUCCIONES.....	113
3.7.	SISTEMA DE CONDUCCIÓN E IMPULSIÓN DE FLUIDO.....	115
3.7.1.	SISTEMA DE CONDUCCIONES DE FLUIDOS.....	115
3.7.1.1.	NOCIONES GENERALES.....	116
3.7.1.2.	CONDUCCIONES FIJAS.....	117
3.7.2.	SISTEMA DE IMPULSIÓN DE FLUIDOS.....	118
4.	DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN DISEÑADA.....	119

4.1.	BREVE DESCRIPCIÓN DE LA PLANTA.....	119
4.2.	INTERCAMBIADOR DE CALOR DE PLACAS.....	121
4.2.1.	SELECCIÓN DEL INTERCAMBIADOR DE CALOR DE PLACAS.....	121
4.2.2.	CARACTERÍSTICAS DEL INTERCAMBIADOR DE CALOR DE PLACAS SELECCIONADO.....	122
4.3.	INTERCAMBIADOR DE CALOR DE SUPERFICIE RASCADA.....	124
4.3.1.	SELECCIÓN DEL INTERCAMBIADOR DE CALOR DE SUPERFICIE RASCADA.....	124
4.3.2.	CARACTERÍSTICAS DEL INTERCAMBIADOR DE CALOR DE SUPERFICIE RASCADA SELECCIONADO.....	126
4.4.	DEPÓSITOS DE ACERO INOXIDABLE.....	132
4.4.1.	SELECCIÓN DEL MATERIAL DE LOS DEPÓSITOS.....	132
4.4.2.	CARACTERÍSTICAS DE LOS DEPÓSITOS DISEÑADOS.....	133
4.5.	CÁMARA ISOTÉRMICA.....	135
4.5.1.	BARRERA ANTIVAPOR.....	136
4.5.1.1.	SELECCIÓN DE LA BARRERA ANTIVAPOR.....	136
4.5.2.	MATERIAL AISLANTE.....	137
4.5.2.1.	SELECCIÓN DEL MATERIAL AISLANTE.....	137
4.5.3.	REVESTIMIENTO.....	141
4.5.3.1.	SELECCIÓN DEL REVESTIMIENTO.....	141
4.6.	EQUIPO FRIGORÍFICO.....	142
4.6.1.	SELECCIÓN DEL EQUIPO FRIGORÍFICO.....	142
4.6.1.1.	SELECCIÓN DEL REFRIGERANTE.....	142
4.6.1.2.	SELECCIÓN DEL EVAPORADOR.....	143
4.6.1.3.	SELECCIÓN DEL COMPRESOR.....	143

4.6.1.4. SELECCIÓN DEL CONDENSADOR.....	144
4.6.2. CARACTERÍSTICAS DEL EQUIPO FRIOGORÍFICO SELECCIONADO.....	146
4.7. SISTEMAS DE CONDUCCIÓN E IMPULSIÓN DE FLUIDO.....	150
4.7.1. SELECCIÓN DEL MATERIAL DE LAS CONDUCCIONES.....	150
4.7.2. CARACTERÍSTICAS DE LAS CONDUCCIONES.....	150
4.7.3. SELECCIÓN DE LOS SISTEMAS DE IMPULSIÓN.....	152
4.7.4. CARACTERÍSTICAS DE LOS SISTEMAS DE IMPULSIÓN.....	152
5. NORMATIVA	154
6. GLOSARIO	156
7. NOMENCLATURA	158
8. BILIOGRAFÍA	160

ANEXOS A LA MEMORIA DESCRIPTIVA

ANEXO N°1: CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS.....	163
ANEXO N°2: FIGURAS Y TABLAS.....	318
ANEXO N°3: IMPACTO MEDIOAMBIENTAL DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO POR FRÍO.....	334
ANEXO N°4: LIMPIEZA Y DISEÑO HIGIÉNICO EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO POR FRÍO.....	343
ANEXO N°5: SEGURIDAD EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO POR FRÍO.....	356
ANEXO N°6: DATOS TÉCNICOS.....	375

1. OBJETO Y JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

1.1. OBJETO DEL PROYECTO

El objeto del proyecto es el diseño de una planta de tratamiento por frío de una bodega elaboradora de vinos de Jerez que permita la estabilización tartárica de todos los tipos de vinos que elabora.

La bodega tendrá una capacidad de 120000 litros al día, procesando un caudal de 10000 litros por hora.

1.2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

El tratamiento por frío es la técnica de estabilización tartárica de los vinos más utilizada en el sector vitivinícola y en el marco de Jerez. De esta forma se consigue garantizar la estabilidad de las características físicoquímicas y sensoriales durante un largo período de conservación.

En este proyecto se va a diseñar una instalación de tratamiento que recoja los requerimientos productivos de una bodega teniendo en cuenta la búsqueda de las operaciones unitarias más eficaces, especialmente en lo relativo a la transferencia de calor.

1.3. UBICACIÓN Y EMPLAZAMIENTO

La planta será diseñada para su instalación en una bodega del Marco de Jerez, en el territorio municipal de Jerez de la Frontera.

2. ANTECEDENTES

2.1. DESCRIPCIÓN DE LA ELABORACIÓN DE LOS VINOS DE JEREZ

En este capítulo se va a efectuar una descripción general de la elaboración de los vinos de Jerez, haciendo especial énfasis en aquellos aspectos que pueden tener influencia sobre la estabilidad tartárica de los vinos.

La elaboración de los vinos secos de Jerez implica inicialmente una vinificación en blanco básica, con las peculiaridades de una adición de alcohol vínico.

Es decir, se trata de vinos a los que se les ha adicionado una cierta cantidad de alcohol al objeto de aumentar ligeramente su graduación alcohólica final. Los vinos base se alcoholizan de forma gradual hasta alcanzar la graduación alcohólica deseada.

Tras la fermentación, el vino base alcanza de forma natural una graduación que suele oscilar entre los 11° y los 12,5°. Aquellos vinos clasificados para su crianza como finos y manzanillas se le adiciona alcohol (3-3,5 %) hasta que alcancen una graduación alcohólica total de 15° y aquellos vinos clasificados para su envejecimiento como olorosos, se le adicionan alcohol (en torno a un 8%) de manera que alcancen entorno a unos 18° de contenido alcohólico. Estos últimos poseen un prolongado y peculiar envejecimiento.

Dependiendo de su distinto grado alcohólico final, el vino evolucionará dentro de las botas por alguno de los dos sistemas de crianza del vino de Jerez:

- Al situar el vino entorno a 15% de alcohol, lo que se está haciendo es propiciar un nivel alcohólico que sea admisible por las levaduras que forman la flor, pero no tolerable para otros micro-organismos que pudieran desarrollarse en el vino. En definitiva, estamos

seleccionando el tipo de actividad biológica que queremos mantener en el vino, que no es otra que la desarrollada por las levaduras responsables del velo de flor. La flor seguirá cubriendo la superficie del vino, evitando su oxidación y propiciando toda una serie de cambios en su composición, es lo que conocemos como crianza biológica.

- Por encima de 17°, en cambio, la actividad biológica se hace imposible. Ni siquiera las levaduras de flor, especialmente resistentes a altos niveles alcohólicos, son capaces de seguir viviendo en estas circunstancias. El vino va perder por tanto el velo de flor y con él la protección que el mismo le proporciona con respecto al oxígeno. En contacto directo con el aire, el vino comenzará a sufrir un lento pero inexorable proceso de oxidación, fácilmente apreciable por un gradual oscurecimiento en el color del vino; se trata de la crianza oxidativa, también llamada físico-química.

Ambos tipos de crianza darán lugar a vinos diferentes, siendo éste uno de los factores claves para entender la enorme diversidad de los vinos de Jerez.

Los vinos base de Jerez se pueden clasificar por su elaboración en vinos secos y vinos dulces. Los vinos dulces de Jerez después de su preparación se pueden consumir como tales (Pedro Ximénez o Moscatel) o mezclar en diferentes proporciones con vinos secos (olorosos, amontillados, etc.) para obtener los vinos con un grado intermedio de dulzor (médiums, creams, etc.) (*Figura.2.1Elaboración de los vinos de Jerez.*).

La elaboración de los vinos dulces se realiza después de un soleado de la uva que concentra mucho los azúcares. Estos vinos no completan la fermentación alcohólica y se les añade alcohol hasta una graduación alcohólica de entre 9 % y 17% en volumen, alcanzando así el vino un contenido de azúcares de hasta 22° Bé*.

ELABORACIÓN DE DIFERENTES TIPOS DE VINOS DE JEREZ

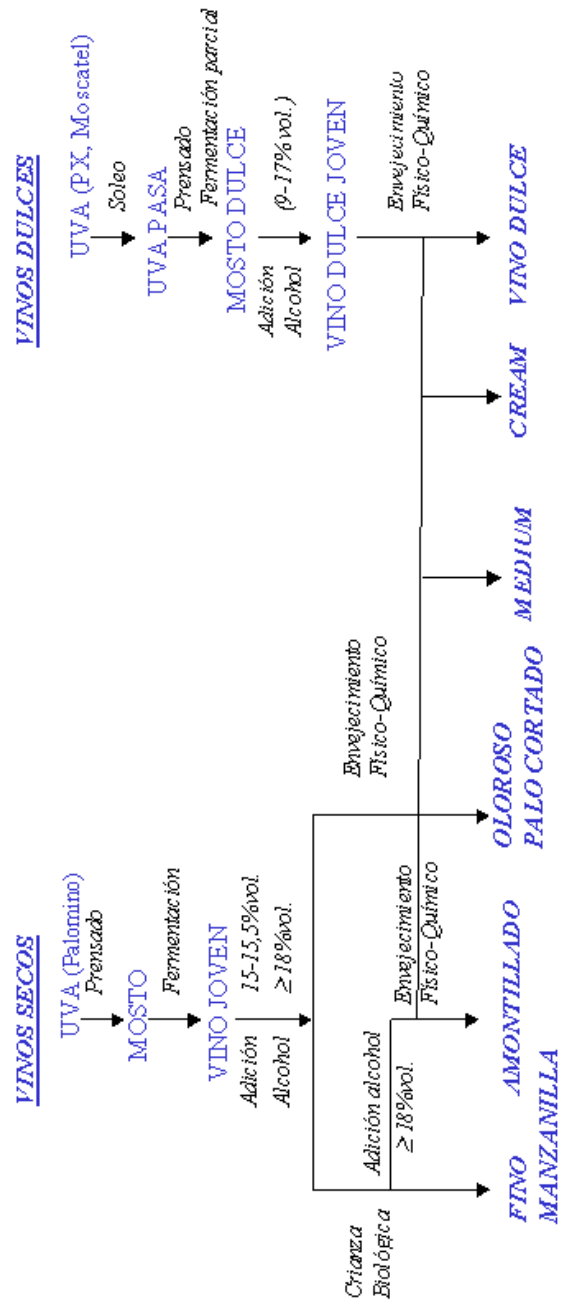


Figura.2.1. Elaboración de los vinos de Jerez

2.1.1. VARIEDAD Y CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE LOS VINOS DE JEREZ

Los diferentes tipos de vinos que a continuación se describen están regidos por la reglamentación comunitaria básica (Reglamento CE 479/2008 Organización Común del Mercado Vitivinícola Europeo) y por una normativa específica de la denominación de origen (Reglamento de las Denominaciones de Origen “Jerez-Xérès-Sherry” y “Manzanilla – Sanlúcar de Barrameda” del 13 de mayo de 2010 (BOJA N° 103, del 28 de mayo de 2010)).

Teniendo en cuenta la reglamentación los tipos de vinos de Jerez se pueden agrupar en: Vinos Generosos (Fino, Amontillado, Oloroso y Palo cortado), Vinos Dulces Naturales (Dulce, Moscatel y Pedro Ximenez) y Vinos Generosos de Licor (Dry, Medium, Pale Cream y Cream).

Los tipos y características de los vinos amparados por la Denominación de Origen “Jerez,Xérès-Sherry” son los siguientes:

Tipo de Vino	Alcohol (% vol.)
Fino	15-17
Amontillado	16-22
Oloroso	17-22
Palo cortado	17-22
Dry	15-22
Pale Cream	15,5-22
Medium	15-22
Cream	15,5-22
Pedro Ximénez	15-22
Moscatel	15-22
Dulce	15-22

Tabla.2.1. Tipos de vino y su contenido alcohólico

Las definiciones de los diferentes vinos de la denominación de origen mencionada es la siguiente:

- Vinos Generosos

- **Fino:** Vino de color amarillo pajizo a dorado pálido, con aroma y sabor propios de la crianza biológica. Sus especiales características son el resultado de que la totalidad de su proceso de crianza se ha desarrollado bajo velo de flor.
- **Amontillado:** Vino de color ámbar más o menos intenso, de aroma y sabor característicos, como consecuencia de su proceso particular de crianza, que incluye una primera fase de crianza biológica, seguida de una fase de crianza oxidativa.
- **Oloroso:** Vino de color ámbar intenso a caoba, de sabor característico y aroma muy acusado, como consecuencia de su proceso de crianza oxidativa.
- **Palo cortado:** Vino de color ámbar a caoba, de aroma característico con notas que recuerdan al Amontillado, si bien al paladar presenta características similares al Oloroso, como consecuencia de su proceso de crianza oxidativa, tras la desaparición del inicial velo de flor.

- Vinos Dulces Naturales

- **Dulce:** Vino elaborado a partir de mosto de uvas muy maduras o soleadas de las variedades autorizadas, sometido a fermentación parcial. De color ámbar a caoba más o menos intenso e incluso ébano y aspecto denso; con notas aromáticas de pasificación, muy dulce y untuoso en el paladar.
- **Moscatel:** Vino elaborado al menos en un 85% a partir de mosto de uvas muy maduras o soleadas de la variedad Moscatel, sometido a fermentación parcial. De color dorado ámbar a caoba más o menos intenso e incluso ébano y aspecto denso; con notas aromáticas de pasificación, muy dulce y untuoso en el paladar.
- **Pedro Ximénez:** Vino elaborado al menos en un 85% a partir de mosto de uvas muy maduras o soleadas de la variedad Pedro

Ximénez, sometido a fermentación parcial. De color ámbar dorado a caoba más o menos intenso e incluso ébano y aspecto denso; con notas aromáticas de pasificación, muy dulce y untuoso en el paladar.

- Vinos Generosos de Licor

- **Dry:** Vino de color amarillo pálido a dorado, con aroma propio de la crianza biológica bajo velo de flor y sabor ligeramente abocado.
- **Pale Cream:** Vino de color amarillo pajizo a dorado pálido, con aroma propio de la crianza biológica bajo velo de flor y sabor abocado.
- **Medium:** Vino de color ámbar a caoba, con aroma en el que se conjugan los propios de la crianza biológica y los de la crianza oxidativa y sabor abocado.
- **Cream:** Vino de color ámbar intenso a caoba, con aroma profundo propio de la crianza oxidativa y sabor dulce.

2.1.2. DATOS DE PRODUCCIÓN

En el año 2009 en total se cosecharon algo más de 73 millones de kilos de uva repartidos por toda la zona considerada dentro de las Denominaciones de Origen Jerez, Manzanilla y Vinagre de Jerez (el llamado comúnmente “Marco de Jerez”). (*Estadísticas oficiales de 2009 del Consejo Regulador de las Denominaciones de Origen Jerez-Xérès-Sherry, Manzanilla-Sanlúcar de Barrameda y vinagre de jerez*).

La comercialización total de vinos amparados por las Denominaciones de Origen “Jerez-Xérès-Sherry” y “Manzanilla – Sanlúcar de Barrameda” durante el año 2009 ascendió a 46.032.887 litros. De esta cantidad destacar que se exportaron 33.608.324 litros y que se comercializó en España 12.424.563 litros (*Tabla.2.2.Exportación y consumo de vino de Jerez en España*).

	2005	2006	2007	2008	2009
Exportacion Embotellado	45.327.956	41.580.754	40.605.064	36.582.051	32.985.227
Exportación Granel	1.165.002	766.978	764.952	660.282	623.097
Total Exportación	46.492.958	42.347.732	41.370.016	37.242.333	33.608.324
España	13.512.042	13.908.155	13.796.182	13.298.361	12.424.563
TOTAL	60.005.000	56.255.887	55.166.198	50.540.694	46.032.887

Tabla.2.2. Exportación y consumo de vino de Jerez en España

Con respecto al consumo de vino el volumen siguió concentrándose en los mercados de la Unión Europea, con un 87,5 % del total. El Reino Unido siguió liderando el ranking de los países consumidores de vinos amparados durante el pasado año, con un volumen total exportado de casi 14 millones de litros, lo que supone más de un 30% del volumen total. España consolidó su posición como segundo mercado, gracias fundamentalmente al consumo de Manzanilla, con un 27% (*Figura. 2.2. Consumo de vino en el mundo*).

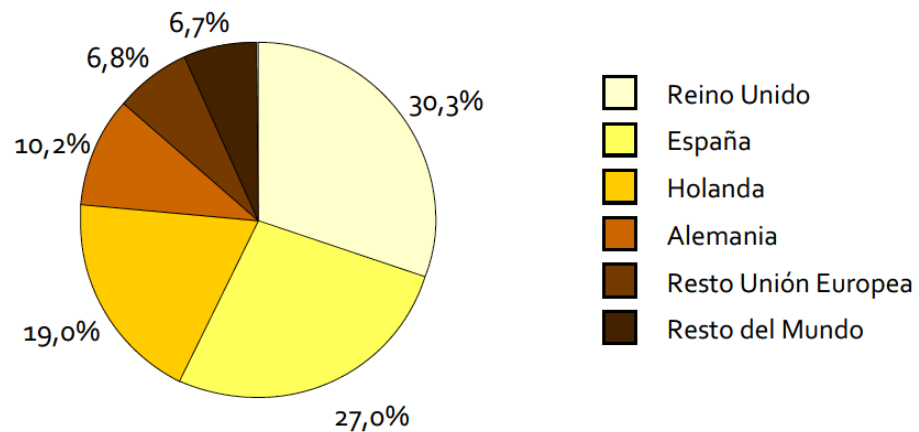


Figura.2.2. Consumo de vino en el mundo

En el siguiente gráfico se aprecia las ventas según el tipo de vino. El más popular es el Fino, con un 23,1% de las ventas totales, o lo que es lo mismo, unos 11 millones de litros. Le siguen los vinos generosos de licor

como el Cream, con una cuota de mercado del 23,1%, o el Medium, con más de un 18%, gracias a su posición dominante en los mercados británico y holandés, respectivamente. La Manzanilla, tradicionalmente el tipo de vino líder en el mercado nacional, supone un 17,4% de las ventas totales. En el capítulo de “Otros” se agrupan principalmente vinos dulces naturales como el Pedro Ximénez y el Moscatel (*Figura. 2.3. Porcentaje de cada tipo de vino vendido en relación al total.*).

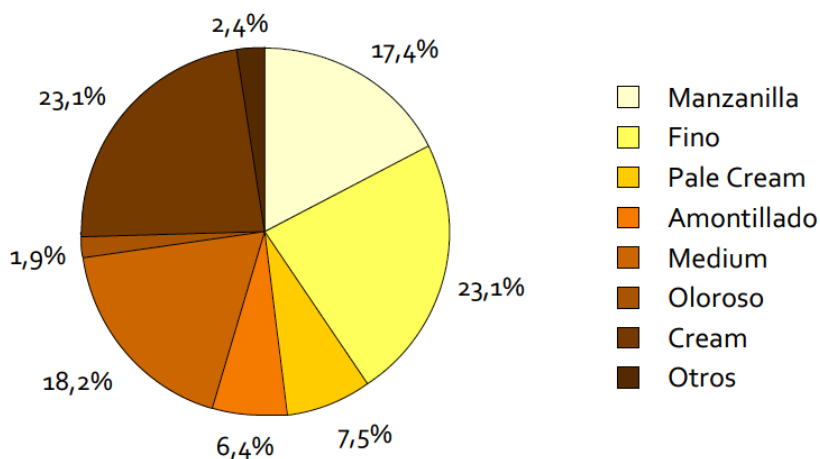


Figura.2.3. Porcentaje de cada tipo de vino vendido en relación al total.

2.1.3. VARIEDADES DE UVAS

El Consejo Regulador señala las siguientes variedades de uvas aptas para la elaboración del Jerez: Palomino Fino, Palomino de Jerez, Pedro Ximénez Y Moscatel.

En las uvas Palomino (*Figura.2.4.Racimo de uva Palomino*) el racimo suele ser largo, cilindrocónico, de compacidad media-alta, con bayas esféricas, de tamaño mediano, de piel fina y color verde amarillento. Son bayas jugosas, frágiles, de zumo poco coloreado, dulces y sabrosas. La sub-variedad “Palomino fino” (la más común en la zona) brota en las dos

últimas semanas de Marzo y madura a principios de Septiembre. Los rendimientos son del orden de 80 hectolitros por hectárea, alcanzando normalmente en torno a los 11 grados Baumé, con débil acidez. Está muy bien adaptada a la zona, siendo poco vulnerable a los distintos parásitos si se cultiva adecuadamente. De mucha menor importancia es la sub-variedad “Palomino de Jerez”, que presenta en general rendimientos algo menores y niveles ligeramente más altos de azúcares y acidez.

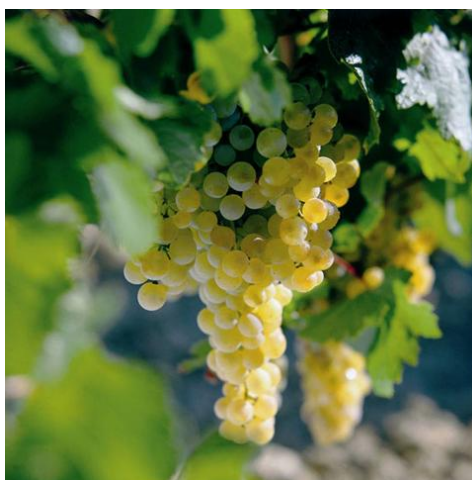


Figura.2.4. Racimo de uva Palomino

La variedad de Pedro Ximénez destaca por su mayor contenido en azúcar (12,8° Baumé como media) y por sus mayores niveles de acidez que proporcionan vinos dulces de gran calidad. Generalmente se somete al "*soleo*" de manera previa a su vinificación, a fin de concentrar intensamente el contenido en azúcar de la uva. Su fino hollejo favorece este proceso.

La uva de tipo Moscatel en la zona del Jerez da lugar a los vinos dulces especiales que llevan su nombre, generalmente procedente de uvas soleadas y de una gran calidad. Se desarrolla mejor en viñedos situados cerca del mar.

2.1.4. EL CULTIVO

Una vez seleccionada la zona en la que se va a plantar un viñedo, en verano se prepara la plantación, realizándose una labor profunda llamada "*agostado*". Al remover la tierra con una profundidad de unos 60 centímetros se oxigena adecuadamente el terreno y se aprovecha para llevar a cabo un abonado de fondo, pues la *albariza* es sumamente pobre en materia orgánica.

Posteriormente y tras haber allanado el terreno, en diciembre se procede al marcado de los puntos concretos en los que se va a plantar cada *porta-injerto*. Se planta en diciembre para aprovechar el periodo de lluvias y favorecer el adecuado desarrollo de las raíces de la planta.

Las filas de cepas de viñedos o "*liños*" se plantan con una orientación norte-sur, al objeto de permitir la insolación máxima durante todo el día, si bien es necesario también considerar las inclinaciones del terreno. En un viñedo del Marco Jerez la densidad suele oscilar entre las 3.600 y las 4.200 cepas por hectárea.

Una vez el porta-injerto se ha desarrollado adecuadamente durante la primavera, entre agosto y septiembre se procede a injertar sobre él la variedad vinífera. Este injerto se realiza con la modalidad de "yema" (*Figura .2.5. Labor de injerto de la yema de Palomino en el costado del porta-injerto*), del tipo denominado "escudete". Consiste en incrustar una yema de Palomino en el costado del patrón o porta-injerto, por debajo de la superficie del terreno. El lugar donde se injerta o encaja la yema se denomina "*cajueta*". Realizado el injerto, este se liga con *rafia* (*Figura. 2.6. Detalle de injerto de yema asegurado con rafia*), dejando libre la yema en sí y se cubre ("*aporca*") toda la zona con tierra para proteger la zona injertada.



Figura.2.5. Labor de injerto de la yema de Palomino en el costado del porta-injerto

La primavera siguiente se descubre la zona injertada. A partir de ese momento comenzará a brotar la yema injertada, dando lugar a la futura parte aérea de la cepa.

Durante los tres años siguientes se realizará una poda tendente a conducir el crecimiento de la planta. El objetivo es alcanzar una altura adecuada para el correcto desarrollo de la planta, así como que facilite las distintas labores que sobre ella van a realizarse, una vez entre en producción. Se utiliza el sistema de poda clásica de "vara y pulgar", que consiste en dejar alternativamente cada año, sobre los dos brazos que conforman la cepa, una sola vara de 8 yemas (de donde nacerán los racimos) y un pulgar de una yema. La yema del pulgar dará un brote que será vara al año siguiente, mientras la vara se podará en corto, dando lugar al pulgar.

Alcanzado el nivel ideal (en torno a 60 centímetros) a partir del cuarto año la planta se abre en dos brazos principales, sobre los que se realizará la poda anual de producción. La producción de uva que da la planta durante esos primeros años suele ser de menor calidad y en su gran mayoría se utiliza para obtener alcohol.



Figura.2.6. Detalle de injerto de yema asegurado con rafia

2.1.5. LA VENDIMIA Y LA VINIFICACIÓN

Se entiende por vendimia la recolección de la uva y su traslado al *lagar**. La recolección de la uva se realiza aún mayoritariamente de forma manual, aunque se empieza a considerar seriamente utilizar la recolección mecánica debido a la escasez de mano de obra.

El comienzo de la vendimia tiene lugar tradicionalmente durante los primeros días del mes de septiembre, aunque recientemente se ha observado una tendencia a adelantarla a los últimos días de agosto.

Es necesario siempre que las uvas lleguen al lagar rápidamente y en las mejores condiciones posibles. Para ello se utilizan frecuentemente cajas de plástico de unos 18 kilogramos, que se apilan unas sobre otras de forma que la uva no sufra en su transporte desde la viña hasta el lagar.

Es éste un aspecto fundamental, pues las altas temperaturas que se registran en el Marco de Jerez durante la época de vendimia pueden provocar oxidaciones del mosto e incluso fermentaciones incontroladas durante el proceso de transporte. La vendimia es por tanto una ingente operación logística, en la que la adecuada organización de las tareas tiene consecuencias tanto técnicas como económicas. Una de las cualidades más

importantes de las uvas, en lo que se refiere al vino que de ellas se van a obtener, además de estado de madurez, es su estado sanitario, particularmente en lo que concierne al desarrollo de la *Botrytis cinera*. La presencia de una proporción apreciable de uva afectada por esta enfermedad tiene como repercusión la aparición de múltiples defectos en los vinos, especialmente en los tipos finos, como una mayor oxidabilidad y riesgos de contaminaciones por Lactobacilos o Brettanomyces que pueden hacer aumentar el contenido de ácido acético hasta niveles impropios para estos tipos de vinos.

La vinificación utilizada en el marco del jerez es una típica vinificación en blanco. La uva que llega al lagar se moltura en trituradoras de rodillos de caucho y se prensa. Se utilizan prensas discontinuas de platos o más modernamente neumáticas, o en prensas continuas de husillo. El volumen de mosto obtenido de cada 100 kilogramos de uva oscila entre 80 y 82 litros. Este mosto obtenido se clasifica según la presión a la que se obtiene en mosto yema (85-87%), obtenido por debajo de 4 kg/cm^2 , y mosto prensa (13-15%), que se destina a la obtención de alcohol vínico y otros derivados. Frecuentemente el mosto yema se clasifica a su vez en mosto yema primario (70-71%), obtenido a menos de $1,5 \text{ Kg/cm}^2$ y mosto yema secundario (14-15%), que nunca se dedica a la elaboración de vinos finos.

Los mostos recién extraídos son preparados o acondicionados antes de la fermentación, con el objeto de prevenir oxidaciones y contaminaciones bacterianas, así como para mejorar la finura aromática de los vinos a los que darán lugar. Una vez filtrados, los mostos son sometidos a una corrección de pH, mediante la adición de ácido tartárico. Ello contribuye a evitar las contaminaciones bacterianas durante la fermentación y a obtener vinos equilibrados y sanos, y en condiciones adecuadas para el posterior proceso de crianza.

Una vez corregido el pH, el mosto es tratado con anhídrido sulfuroso en dosis que pueden variar según el estado sanitario de la vendimia, con el objeto de prevenir su oxidación y las posibles contaminaciones bacterianas.

La dosificación suele hacerse en forma de gas, mediante su inyección directa en las tuberías de circulación. Generalmente se procede a continuación al "*desfangado*" del mosto o limpieza de los mismos mediante decantación. El mosto una vez desfangado, sin sus turbios, es trasegado finalmente a los depósitos de fermentación.

El mosto pasa inmediatamente a depósitos de acero inoxidable para realizar la fermentación, la cual tiene lugar a temperaturas controladas entre 22°C y 24°C. Algunas bodegas mantienen todavía el antiguo sistema de fermentación en barricas o botas de roble nuevas, con el doble fin de que el proceso sirva para envinar las botas y las capacite para la crianza del Jerez y, por otra parte, para obtener una vinificación característica del mosto. El proceso de fermentación se divide en el Marco de Jerez en dos fases claramente diferenciadas. Durante los primeros días tiene lugar la fermentación tumultuosa, proceso por el cual más del 90% del azúcar que contiene el zumo de la uva se convierte en alcohol etílico y anhídrido carbónico.

Después de esta primera fase de la fermentación comienza una segunda, lenta, que finaliza a primeros de diciembre, y tras la cual se obtiene un delicado vino blanco, totalmente seco y de entre 11 y 12 grados de alcohol en volumen, cuyas características determinarán su clasificación, antes de entrar en la fase de crianza. La fermentación alcohólica suele durar 5-7 días.

2.1.6. TIPOS DE CRIANZA Y SISTEMA DE CRIADERA Y SOLERA

La crianza es sin duda la fase definitiva en la elaboración de los vinos de Jerez, es la más prolongada desde el punto de vista temporal y en la que se perfilan las características organolépticas que van a dar lugar a la amplia tipología de vinos de Jerez.

En la zona del Jerez se desarrollan dos tipos de crianza: la crianza entendida como guarda y evolución del vino en botas de madera, sometido a la lenta evolución físico-química según las condiciones de su entorno, a la que generalmente nos referimos como envejecimiento físico-químico o crianza oxidativa y la denominada crianza biológica bajo velo de flor, en la que el vino evoluciona de forma más dinámica, impulsado por la actividad de un velo biológico formado en la superficie de éste por levaduras específicas y propias de la zona.

El envejecimiento físico- químico o crianza oxidativa tiene lugar en los vinos encabezados a 18% de alcohol en volumen. El recipiente que contiene el vino se llena en sus 5/6 partes, pero el elevado contenido en alcohol impide el desarrollo de las levaduras de flor, durante este tipo de envejecimiento no hay velo, ni puede haber actividad vital de la levadura, teniendo lugar preferentemente un proceso de oxidación en el vino, oscureciéndose el color y originándose compuestos que conformarán las características aromáticas y gustativas de los tipos de vinos que utilizan este tipo de crianza.

La crianza biológica, es un proceso sumamente interesante desde el punto de vista enológico. El vino encabezado con alcohol hasta alcanzar 15-15'5°, desarrolla en la bota en condiciones aerobias (las botas tan solo se llenan a 5/6 partes de su capacidad al igual que en el otro tipo de crianza) un velo en superficie, constituidos por diferentes especies de levaduras del género *Saccharomyces*, que son capaces de utilizar como sustrato diferentes componentes de los vinos y a la vez excretar productos de su propio metabolismo, además de preservarle del aire evitando así su oxidación.

Durante la crianza biológica el vino está bajo la continua acción metabólica de estas levaduras, que van cambiando profundamente su composición. La levadura utiliza como fuente de carbono fundamentalmente etanol, glicerina y ácido acético, que transforma en acetaldehído, CO₂, y otros compuestos.

Las condiciones a tener en cuenta en este tipo de crianza son:

- El metabolismo aerobio de la levadura produce un consumo muy elevado de oxígeno en la bota, provocando que las concentraciones de este en la cámara vacía sean menores del 5%, y en el seno del vino sean del orden de 0,1-0,2 ppm.
- La temperatura óptima de desarrollo de la levadura de velo oscila en torno a 18° C. Si la temperatura es demasiado elevada las levaduras pueden morir y si es demasiado baja se ralentiza su crecimiento.
- Las levaduras se desarrollan sobre vinos con pH comprendido entre 3,1 a 3,4.

Durante el tiempo que dura la crianza, se establecen una serie de transformaciones, contribuyendo todo ello a las peculiares características en las propiedades organolépticas de los vinos que utilizan la crianza biológica.

Tanto la crianza biológica como el envejecimiento físico-químico se realizan en un sistema dinámico de *criaderas** y solera. Se trata de un sistema dinámico, mediante el que vinos con distintos nivel de envejecimiento son metódicamente mezclados, con el fin de perpetuar unas determinadas características en el vino finalmente comercializado, que son el resultado de todas las vendimias.

Las normas de la Denominación de Origen establecen un sistema de cuotas de venta, que garantiza una vejez media del vino mínima de tres años, aunque con frecuencia los vinos de Jerez superan esta edad.

La "*bota*"* es la vasija de madera utilizada generalmente en Jerez. La preferente y más generalizada está constituida por la bota de madera de roble americano de 600 litros. Este tipo de madera, por su porosidad, garantiza una mejor transpiración del vino a través de sus poros. La madera de las botas debe ser lo más neutra posible, para no añadir olores ni sabores propios al vino.

La madera es permeable al oxígeno y además adsorbe el agua del vino que va transpirando al ambiente de la bodega.

Esta transpiración provoca una pérdida del volumen del vino en la bota, tanto más intensa cuanto menor es el nivel de humedad de la bodega. La pérdida por este efecto es denominada "merma" y supone del orden del 3 al 4% anual del volumen total de vino almacenado. Pero esta pérdida está constituida fundamentalmente por el agua del vino, lo que produce una continua concentración de los demás componentes, notándose este efecto al cabo de largos años de crianza en un aumento de la graduación alcohólica.

En las bodegas de crianza, el vino descansa ordenado según sus distintos grados de vejez. Las botas se alinean en "*andanas*" de tres o cuatro alturas, cada una de las cuales constituye una escala. La hilera o escala más baja se llama "*solera*" (por estar próxima al suelo) y contienen el vino de más edad. Las botas en la escala inmediatamente superior, denominada "primera criadera", contienen un vino algo más joven. En las de la segunda criadera el vino es aún más joven, y así sucesivamente, hasta llegar a la última criadera (*Figura.2.7.Sistema de criaderas y solera*).

El vino destinado al consumo se extrae siempre de las botas de la solera, mediante una operación denominada "*saca*" (generalmente entre 1/4 y 1/3 del contenido de cada bota). Posteriormente, esa cantidad de vino extraída para el consumo es reemplazada (la operación de completar el vacío originado en una escala se denomina "*rocío*") por la misma cantidad de vino de las botas de la segunda hilera (la primera criadera). A su vez, el vino extraído de la primera criadera se reemplaza con vino de la segunda criadera, y así sucesivamente, hasta llegar a la escala superior del sistema, donde se encuentran los vinos más jóvenes que a su vez se completa con el vino procedente del sistema de *sobretablas o añadas*.

Esta operación se conoce en Jerez con el nombre de "corrida de escalas", y se suele realizar con unos utensilios llamados canoa y rociador, cuyo

cometido consiste en que el vino entre en las botas poco a poco, como un rocío, con objeto de que la flor no se dañe.

Mediante este procedimiento, se consigue siempre que el vino que sale al mercado presente la mayor uniformidad posible en edad media y en características organolépticas.

En la crianza biológica la mezcla de las añadas más jóvenes supone un aporte de micronutrientes para las levaduras de flor, que de otra forma se agotarían rápidamente en el vino, lo que ralentizaría el desarrollo de la crianza.

En el envejecimiento físico-químico, las aportaciones de oxígeno y la renovación de la capa de vino en contacto con la madera que tiene lugar durante las operaciones de saca y rocío aceleran notablemente este envejecimiento.

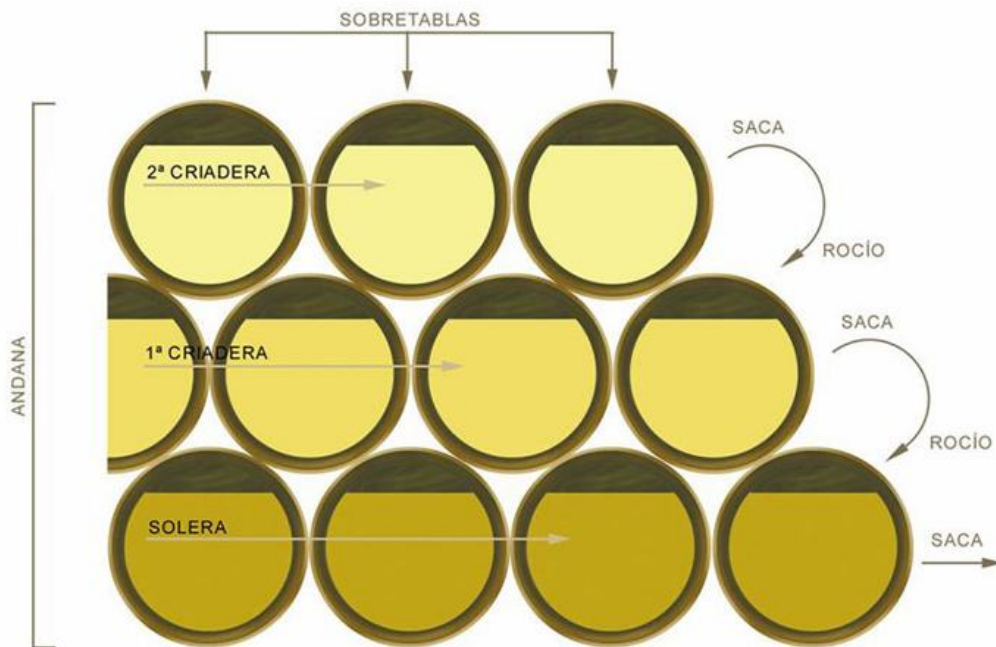


Figura.2.7. Sistema de criaderas y soleras

2.2. CARACTERÍSTICAS DEL MEDIO.

En este apartado se citará la climatología de Jerez de la Frontera, por ser esta de relativa importancia en la uva. Además en el segundo apartado se relatará los diferentes tipos de suelo que existen en esta zona.

2.2.1. CLIMATOLOGÍA

Jerez de la Frontera tiene un clima templado con temperaturas medias anuales de 17,7°C.

Se encuentra influenciado muy notablemente por el cercano Océano Atlántico, tanto por los vientos de poniente en verano (suavizan el clima facilitando la mejor maduración de la uva) como por los frecuentes "rocíos" matinales, que son un aporte moderado pero continuo de agua para la planta, facilitando todos los procesos de nutrición y síntesis de las uvas de la variedad Palomino, que es la base de la mayoría de los vinos jerezanos.

Los veranos son calurosos y secos, siendo agosto el mes que posee las temperaturas más altas, con 33,00 °C de temperatura media más alta y 18,40 °C de temperatura media más baja y todos los años se superan los 38,00 °C en algunas ocasiones. Los inviernos son húmedos y templados. Siendo enero el mes más frío, con 15,9 °C de temperatura media más alta y con 5,4 °C de temperatura media más baja (*Figura.2.8. Climograma de Jerez de la Frontera (1971-2000)*).

Las precipitaciones tienen una media anual de 598 mm al año, concentradas en los meses de octubre a abril, diciembre es el mes más lluvioso, con 109 mm. Hay 54 días de lluvia al año, 137 días despejados, 2.966 horas de sol al año, muy pocos días de heladas y ninguno nevado.

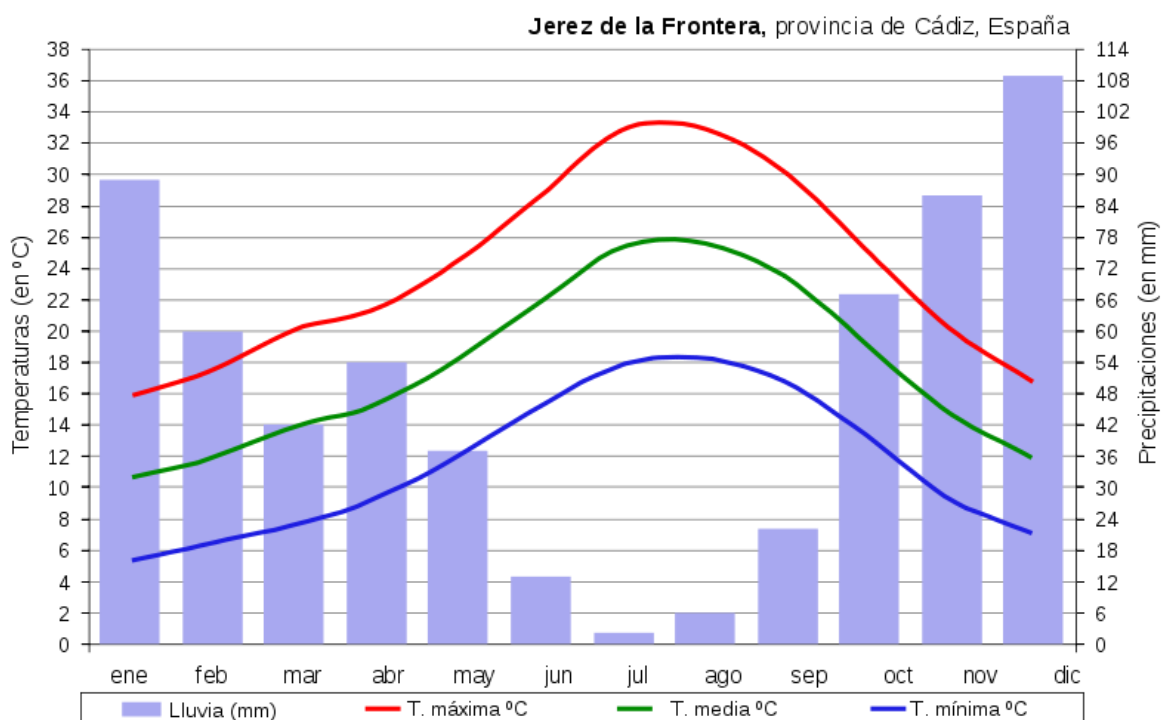


Figura.2.8. Climograma de Jerez de la Frontera (1971-2000)

2.2.2. SUELO

El Marco de Jerez tiene una superficie de 10.723 hectáreas de viñedos y posee una topografía de espacios abiertos, ligeramente ondulados, donde predomina la tierra albariza con alto contenido en carbonato cálcico (entre el 25% y el 40 % de la caliza activa), que imprime un aspecto blanquecino al terreno. Es pobre en componentes orgánicos (1,3% al 1,5%) y en nitrógeno. Posee un alto nivel de porosidad, lo que ayuda a retener la humedad.

Existen en el Marco otras variedades de tierras también destinadas a la producción de Vinos de Jerez, aunque en porcentajes menores, llamadas “barros” y “arenas”. Las “arenas” que se localizan en zonas costeras y está constituida de arcilla, arena y menos del 20% de caliza. Los “barros” ubicados en valles y cuyos constituyentes son arena, arcilla, caliza y materia orgánica descompuesta. En este último tipo de tierra predomina un

color más oscuro y una mayor fertilidad (*Figura.2.9. Muestra de las tierras: arenas, albarizas y barros*).



Figura.2.9.Muestra de las tierras: arenas, albarizas y barros

2.3. APLICACIÓN DEL FRÍO EN LA BODEGA

El control de temperatura en cada una de las operaciones de vinificación es una práctica usual y extendida. El acondicionamiento térmico de la uva a su llegada a la bodega es ya requisito imprescindible en algunas bodegas, e incluso se adecúan los sistemas de la recolección de la uva a este factor (vendimia muy temprana o incluso nocturna), muy determinante en las regiones cálidas.

Las labores prefermentativas de criomaceración y desfangado en la vinificación en blanco y la maceración pelicular en tintos, las fermentaciones controladas, así como los procesos de acondicionamiento, estabilización y almacenamiento del vino terminado, precisan de un control y mantenimiento de sus temperaturas óptimas. En la *Tabla.2.3. Aplicaciones de la ingeniería del frío en bodega: temperaturas óptimas de trabajo en bodega y efectos sobre el mosto/vino* se reflejan los aspectos más importantes del frío en la industria enológica.

DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO EN FRÍO PARA LA ESTABILIZACIÓN DE VINOS

Aplicaciones de la ingeniería del frío en bodega		
Operación	Temperatura óptima	Efectos sobre el mosto/vino
Crioextracción	-5/10 °C	Concentración de azúcares del mosto por eliminación de agua por congelación
Criomaceración	5/10°C	Extracción de precursores aromáticos Retraso de fermentación
Refrigeración de mostos	10/18°C	Posibilitar el desfangado en blancos En tintos bajar la Tª hasta la óptima de fermentación
Desfangado	10/15 °C	Acelerar el proceso de sedimentación Retrasar el comienzo de fermentación
Maceración pelicular	< 15°C	Extracción de fracción polifenólica y precursores aromáticos en tintos antes fermentación
Control térmico de fermentación	13/20°C	Mejora de aroma de vinos blancos Evitar paradas de fermentación
Control térmico de fermentación y mecanización	25/30°C	Disminuir pérdidas de aromas Evitar paradas fermentación
Almacenamiento en frío de vinos terminados	10/15 °C	Ralentizar metabolismo de microorganismos Disminuir pérdidas de aroma y oxidación
Estabilización amicróbica	< 5/10°C	Mejora del proceso de filtración
Estabilización coloidal	< 5/10°C	Precipitar materia colorante inestable
Estabilización tartárica	-9/1°C	Precipitar sales tartáricas de calcio y potasio
Crianza en bodega	15/20°C	Control de proceso de oxido-reducción y cesión Disminuir pérdidas de volumen Evitar desarrollo microbiano indeseable
Segunda fermentación en botella	12/15°C	Control de la fermentación alcohólica. Afinamiento del espumoso por cesión lenta de productos de fermentación y autólisis
Embotellado	15°C	Disminuir pérdidas de aromas y facilitar el proceso
Almacén de botellas	12/18°C	Mejora de la estabilidad del vino

Tabla.2.3. Aplicaciones de la ingeniería del frío en bodega: temperaturas óptimas de trabajo en bodega y efectos sobre el mosto/vino

En este proyecto se diseñara una planta de tratamiento por frío con el objeto de que las sales tartáricas precipiten dándose por lo tanto la **estabilización tartárica**.

2.4. TÉCNICAS DE ESTABILIZACIÓN TARTÁRICA

Existen principalmente siete formas para evitar la precipitación no deseada del tártaro en el vino embotellado. El tartrato puede ser eliminado del vino:

- 1) Haciéndolo precipitar subenfriando el vino y manteniéndolo a una temperatura cercana al punto de congelación (**tratamiento por frío, proceso utilizado en el presente proyecto**).
- 2) Haciéndolo precipitar por refrigeración a aproximadamente a 0°C y por adición de cristales de tártaro finamente pulverizados (método de contacto).
- 3) Por intercambio de cationes se elimina el potasio o se le intercambia por ejemplo por sodio, de modo que el vino así tratado permanezca estable (intercambio de cationes).
- 4) Por intercambio de aniones (intercambiador de aniones) o por adición de carbonato cálcico, con lo que el ácido tartárico es eliminado salvo un pequeño resto estable de 0,5-1,0 gr/L. De todos modos, este método resulta a menudo impracticable por razones de armonía de sabor.
- 5) Con ayuda de los procesos de membrana se pueden eliminar del vino, haciéndolo pasar por membranas semipermeables apropiadas, las sustancias que favorecen la estabilidad del tártaro. Esto se realiza por ejemplo con la ayuda de la electrodiálisis, con la que se eliminan del vino pequeñas cantidades de potasio y aniones. Durante este proceso disminuye también, aunque en grado mínimo, la concentración de otras sustancias.
- 6) También con el método de la llamada ósmosis de inversión (hiperfiltración) se pueden eliminar del vino las sustancias verdaderamente disueltas, utilizando las membranas correspondientes y trabajando bajo presión: las sustancias se concentran debido a la separación transitoria entre alcohol y agua. El

potasio y el ácido tartárico quedan entonces en estado de sobresaturación y precipitan.

- 7) También es posible añadir al vino ácido metatartárico, con lo que se consigue una estabilidad del tártaro durante 6-9 meses.

Se sabe que por encima de los 0°C, la precipitación del tártaro resulta más lenta que en las proximidades del punto de congelación. Por consiguiente, la precipitación del tártaro se lleva a cabo básicamente por subenfriamiento hasta llegar casi al punto de congelación.

La técnica empleada para la estabilización tartárica en el presente proyecto es el tratamiento por frío, describiéndose la planta diseñada en el siguiente apartado.

2.4.1. DESCRIPCIÓN DE LA TÉCNICA ADOPTADA

El frío actúa sobre el vino provocando la insolubilización y correspondiente precipitación de sales. Esta estabilización se producía de forma natural en las bodegas por efecto de los fríos del invierno. Hoy en día este sistema se ha sustituido por otro artificial, consistente en la aceleración de dicho proceso al someter el vino a temperaturas bajas durante un periodo de tiempo que puede ir de apenas unos minutos hasta días.

El tratamiento térmico a baja temperatura en los vinos de Jerez, es totalmente indispensable para conseguir una estabilidad duradera en cuanto a precipitaciones de sales tartáricas, pensado principalmente en los destinos de estos vinos, países por lo general mucho más fríos que la zona de producción y crianza.

Se sabe que si bien estas precipitaciones no afectan a las características organolépticas de los vinos, si causan una mala impresión ocular, razón por la que todos los vinos tratados en el presente proyecto son mantenidos durante un periodo de tiempo de aproximadamente siete días a bajas temperaturas, (-6,5 °C), periodos en los que se producen todas las

insolubilizaciones que se pretende que no ocurran posteriormente en la botella.

El proceso del vino en el tratamiento de frío es el siguiente:

El vino ha sido previamente sometido a un prefiltrado que elimina los coloides protectores que se oponen a la precipitación y a un enfriamiento próximo al punto de congelación. Posteriormente el vino es pasado por la planta de frío que en líneas generales consta de un intercambiador de calor de placas, en el que entra el vino a +25°C y sale a -1°C. De aquí pasa a través de un intercambiador de calor de superficie rascada saliendo ya el vino a la temperatura de tratamiento.

Posteriormente el vino es enviado a los depósitos instalados, en el interior de la cámara frigorífica, donde permanece por un periodo de siete días a la temperatura adquirida en el intercambiador de calor de superficie rascada.

Se utiliza un intercambiador de calor de superficie rascada, debido a la formación de hielo en su superficie de intercambio al pasar el vino directamente a través de él y a las bajas temperaturas del tratamiento

Si la temperatura subiera por cualquier causa durante el tiempo de permanencia en la cámara, habría que pasarlo nuevamente por el refrigerador y, repetir el proceso para tener la certeza de que el vino ha sido estabilizado. Durante este período se producirán todas las insolubilizaciones que se pretende evitar que ocurran en la botella.

Pasado este tiempo el vino pasará a la operación de filtrado a la temperatura de tratamiento obtenida con objeto de separar las partes sólidas insolubles. Por último pasará de nuevo por el intercambiador de calor, recuperando temperatura y saliendo el vino a una temperatura próxima a la ambiente.

2.5. FUNDAMENTOS DEL TRATAMIENTO POR FRÍO

Para poder realizar el tratamiento por frío es indispensable el cálculo de la temperatura de tratamiento (t_t), el cual se puede realizar de dos formas diferentes:

- 1) Calculando previamente la temperatura de congelación (t_c) que se determina fácilmente conociendo la graduación alcohólica de los vinos como sigue:

$$t_c(^{\circ}C) = -\frac{\%vol - 1}{2}$$

Existen otras formas de calcular esta temperatura, donde además del alcohol hacen intervenir otros parámetros como el extracto seco:

$$t_c(^{\circ}C) = -(0,04 \cdot P + 0,02 \cdot E + K)$$

P: peso del alcohol (gramos/litro).

E: extracto seco (gramo/litro).

K: factor de corrección:

Por lo que la temperatura de tratamiento (t_t) se calcula restando $0,5^{\circ}C$ a las anteriormente calculadas ya que nunca conviene alcanzar la temperatura de congelación, con objeto de evitar la formación de hielo.

- 2) Aplicando la siguiente expresión:

$$t_t = -\left(\frac{\%vol}{2} - 1\right)$$

2.5.1. REGLAS PARA EL ÉXITO DE LA PRECIPITACIÓN DEL TÁRTARO

En la práctica se ha comprobado que la precipitación del tártaro sólo tiene éxito, es decir sólo es completa, cuando:

- 1) Los vinos han sido liberados previamente de las sustancias inhibitoras como los metales pesados y los coloides por medio de una clarificación azul y una clarificación con sol silíceo y gelatina, y sean sometidos luego a un intenso prefiltrado.
- 2) Los vinos son llevados hasta cerca del punto de congelación de una manera rápida, a modo de shock térmico.
- 3) El vino es mantenido a esta temperatura, en un tanque de refrigeración aislado o en un local refrigerado durante 7-8 días.
- 4) Los vinos estabilizados por frío sean filtrados en frío y luego, si van a ser embotellados a partir del mismo tanque de refrigeración, se les llevará hasta la temperatura de la bodega a través de un intercambiador térmico, pues el vino que se calienta y dilata cuando se halla ya en la botella puede hacer saltar el corcho.
- 5) El momento más oportuno para llevar a cabo la estabilización por medio del frío es inmediatamente antes del embotellado, pues el vino ha alcanzado entonces su equilibrio químico definitivo y el estado conseguido no puede ser ya alterado después del tratamiento.
- 6) Es conveniente determinar el contenido en SO_2 de los vinos antes y después del período de refrigeración, pues el frío tiene un efecto oxidante. Los vinos jóvenes refrigerados pueden llegar a tener un color intenso, a menos que no hubieran sido suficientemente sulfitado.
- 7) No se trata de conseguir una estabilidad absoluta sino una resistencia práctica al frío, suficiente para el consumo del vino. Con este tipo de tratamiento por frío se establece de una manera definitiva el equilibrio de solución del tártaro en el vino para la temperatura de

refrigeración en cuestión. Lo decisivo para el grado de estabilidad es la temperatura que reina aún en el recipiente una vez finalizado el tratamiento. En el caso de un acabado duradero en el barril, como es habitual en los vinos de calidad, este grado de estabilidad se impone por sí mismo paulatinamente. Aquí resultan ventajosas las bodegas frescas.

2.5.2. EL ÁCIDO TARTÁRICO Y SALES FORMADAS

El ácido tartárico en el vino se encuentra en distintos estados de disociación en los que presentan distintos comportamientos frente a su solubilidad en el vino. Estos estados en los que se encuentran son: ácido tartárico (H_2T), ión de tártaro de hidrogeno (HT^-) e ión tartrato (T^{2-}) (*Figura.2.10. Estados del ácido tartárico*).

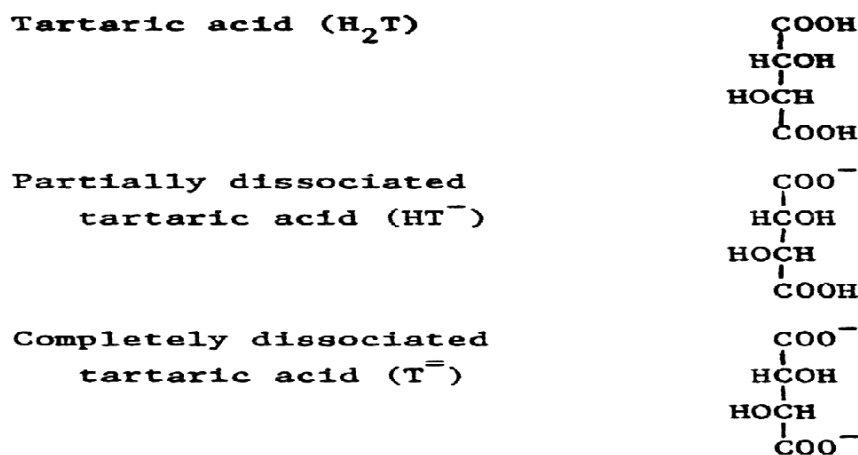


Figura.2.10. Estados del ácido tartárico

El pH desempeña un papel fundamental en la solubilidad del tartrato, pues determina la disociación del ácido tartárico.

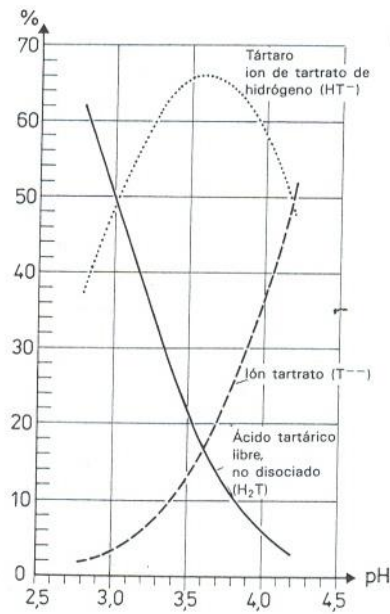


Figura.2.11. Fracciones porcentuales de ácido tartárico no disociado, iones tartrato de hidrógeno e iones tartrato del ácido tartárico total, según el valor del pH, con 10° de alcohol y a 20°C.

El ácido tartárico puede insolubilizarse parcialmente por la presencia de los cationes calcio y potasio, formando las siguientes sales: bitartrato potásico o tartrato ácido de potasio (KHT), tartrato neutro de potasio (TK_2), tartrato neutro de calcio (TCa), tartrato doble de potasio y de calcio (T_2K_2Ca) y la sal mixta de malotartrato de calcio ($MTCa_2$) (Figura.2.12 Estructura del tartrato doble de potasio y calcio y de la sal de malotartrato de calcio). A los valores de pH de los vinos solamente se encuentran el bitartrato potásico y el tartrato de calcio, pues las últimas únicamente se forman cuando el pH es superior al valor de 4,5.

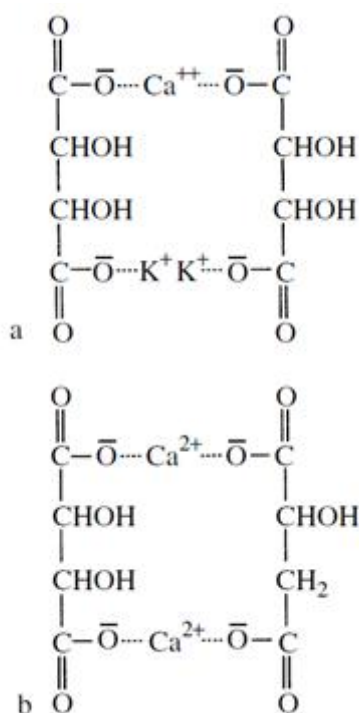


Figura. 2.12. Estructura del tartrato doble de potasio y calcio y de la sal de malotartato de calcio

2.5.3. FACTORES QUE AFECTAN A LA SOLUBILIZACIÓN DE LAS SALES TARTÁRICAS

El bitartrato potásico o tartrato ácido de potasio (COOH-CHOH-CHOH-COOK) es una sal que normalmente se encuentra en el vino a saturación, dependiendo su solubilidad de la concentración de alcohol, de la temperatura del vino, del pH y de la presencia de otros compuestos.

1) Temperatura del vino y concentración de alcohol

La solubilidad de bitartrato potásico en el agua es del orden de 5,7 gramos/litro a 20 °C (*Tabla.2.3. Solubilidad en agua del bitartrato potásico y del tartrato neutro de calcio*).

Solubility in water at 20°C in g/l of
L-tartaric acid and the main salts present in wine

Tartaric acid	Potassium bitartrate	Neutral calcium tartrate
L(+)-C ₄ H ₆ O ₆ 4.9 g/l	KHC ₄ H ₄ O ₆ 5.7 g/l	CaC ₄ H ₄ O ₆ · 4H ₂ O 0.53 g/l

Tabla.2.4. Solubilidad en agua del bitartrato potásico y del tartrato neutro de calcio

Mientras que en una solución hidroalcohólica como el vino, ésta es bastante inferior, dependiendo de su riqueza alcohólica y de su temperatura (*Tabla.2.4. Solubilidad del bitartrato potásico en una solución modelo en gramos/litro*).

Temperatura (°C)	Contenido en alcohol (% en volumen)				
	0%	10%	12%	14%	20%
0	2,25	1,26	1,11	0,98	0,68
5	2,66	1,58	1,49	1,24	0,86
10	3,42	2,02	1,81	1,63	1,10
15	4,17	2,45	2,25	2,03	1,51
20	4,92	3,08	2,77	2,51	1,82

Tabla.2.5. Solubilidad del bitartrato potásico en una solución modelo en gramos/litro

Cuando la temperatura desciende desde 20°C hasta los 0°C, con un 12% en volumen de alcohol se produce una reducción de la solubilidad del 60%, estimándose por el efecto del etanol, una reducción de la solubilidad del 40% por cada 10% en volumen de alcohol a 20°C.

El tartrato neutro de calcio (COOCa-CHOH-CHOH-COOCa.4H₂O) es una sal que presenta una solubilidad bastante inferior a la del bitartrato potásico, del orden de 0,53 gramos/litro en agua a 20°C (*Tabla.2.4 Solubilidad en agua del bitartrato potásico y del tartrato neutro de calcio*),

encontrándose en los vinos blancos a saturación, mientras que los tintos son de un 30 a 50 % más pobres, debido sin duda al menor contenido en calcio. La solubilidad de esta sal depende fundamentalmente del contenido en alcohol, pasando a un segundo plano el efecto de la temperatura (*Tabla.2.6. Solubilidad del tartrato de calcio en una solución modelo en gramos/litro*).

Temperatura (°C)	Contenido en alcohol (% en volumen)				
	0%	10%	12%	14%	20%
0	1,56	0,65	0,54	0,46	0,27
5	1,82	0,76	0,64	0,54	0,32
10	2,13	0,89	0,75	0,63	0,38
15	2,48	1,05	0,88	0,75	0,45
20	2,90	1,24	1,04	0,88	0,53

Tabla.2.6. Solubilidad del tartrato de calcio en una solución modelo en gramos/litro

En las mismas condiciones de temperatura, la solubilidad del tartrato de calcio disminuye la mitad al pasar de un grado alcohólico de 12% en volumen a otro de 0% en volumen, mientras que manteniendo constante la graduación alcohólica, la solubilidad de esta sal aumenta el doble al pasar desde -4°C hasta 20°C. El efecto del etanol reduce la solubilidad en un 30% por el aumento en alcohol de un 10% en volumen.

2) Concentración de iones hidrógenos (pH)

El pH en el vino influye sobre el reparto entre el ácido tartárico libre, el bitartrato potásico y el tartrato cálcico, siendo los valores de pH situados entre 3,5 y 3,6 los que mayor proporción de bitartrato potásico presentan, tal y como se aprecia en la tabla siguiente:

pH	Ácido tartárico (%)	Bitartrato potásico (%)	Tartrato cálcico (%)
2,8	64,7	31,0	4,3
3,0	52,5	40,8	6,7
3,2	39,9	49,8	10,3
3,4	28,0	56,6	15,4
3,5	22,4	59,0	18,6
3,6	16,6	60,7	22,7
3,8	9,3	58,9	31,8
4,0	2,8	54,0	43,2

Tabla. 2.7. Porcentaje de ácido tartárico, bitartrato potásico y tartrato cálcico en función del pH.

3) Presencia de otros componentes del vino

La solubilización o no de las sales se puede ver afectada por la presencia en el vino de determinadas sustancias, que impiden la aproximación de las moléculas de tartratos a los núcleos de cristalización, conociéndose estas sustancias con el nombre de coloides protectores, pudiendo ser estas sustancias de origen natural, tales como: proteínas, taninos condensados, pectinas, gomas, manoproteínas, etc., o por el contrario añadidas artificialmente, como el ácido metatátrico o la goma arábiga. Pudiendo suponer en unos casos un inconveniente para la estabilización tartárica de los vinos, cuando se utilizan sistemas precipitantes, o en otros casos, un posible tratamiento para impedir su insolubilización.

3. ANTECEDENTES SOBRE LOS EQUIPOS Y LA INSTALACIÓN DE TRATAMIENTO EN FRÍO

3.1. EQUIPOS DE LA INSTALACIÓN

El diseño de la planta de tratamiento por frío del presente proyecto consta de tres equipos principales: un intercambiador de calor de placas, un intercambiador de calor de cuerpo rascado y un equipo frigorífico.

Cada equipo desempeña una función en la planta. El intercambiador de calor de placas tiene la finalidad de enfriar el vino de entrada utilizando como fluido refrigerante el vino de salida de la planta.

El intercambiador de calor de cuerpo rascado tiene como objeto refrigerar el vino hasta la temperatura de tratamiento, que será la temperatura próxima a su punto de congelación.

El equipo frigorífico se instalará con el propósito de mantener la cámara isotérmica a la temperatura deseada.

En la presente planta no se diseñará la cámara isotérmica, considerando que esta se encuentra ya en la bodega. Solo se aislara con objeto de que no se pierda calor a través de las paredes de la misma.

Se diseñará los depósitos que contendrán al vino en el interior de la cámara isotérmica.

Por último se tendrá en cuenta los sistemas de conducciones, así como sus accesorios y los sistemas de impulsión.

3.2. INTERCAMBIADOR DE CALOR DE PLACAS

El intercambiador de calor es un sistema físico que permite transferir calor entre dos fluidos separados por una pared sólida. El calor se transfiere sin que se produzca la mezcla de los fluidos. La búsqueda continua de economía y mayor eficiencia en el equipo de transferencia de calor ha tenido como consecuencia el desarrollo de diversos tipos de intercambiadores. Entre ellos cabe destacar el intercambiador de calor de carcasa y tubo, el compacto aleteado y el intercambiador de placas. En muchas aplicaciones de la industria moderna el intercambiador de calor de placas ha desplazado al tradicional de tipo multitubular, por dos razones principales:

- El coeficiente de transferencia de calor es mayor, lo que permite construir equipos más compactos y con menor tiempo de residencia de los fluidos.
- Son fácilmente desmontables, con lo cual se puede proceder a su limpieza con mayor rapidez.

Algunos modelos de intercambiadores de placas no se pueden desmontar debido a que las placas están soldadas.

El intercambiador de placas se empezó a utilizar en la década de 1930 para el tratamiento y la pasteurización de la leche. En un principio este tipo de intercambiador se usó para satisfacer la necesidad de contar con un equipo de fácil limpieza, sin irregularidades ni rincones donde se pudieran albergar bacterias ni se fomentara su desarrollo, requisito básico de sanidad para esta industria. Además, la elaboración de este producto, requiere de elevados coeficientes de transferencia de calor para que el tiempo de residencia, especialmente a altas temperaturas, sea mínimo. Con el transcurso del tiempo se reconoció que las características de esos primeros diseños se podrían aplicar a otras industrias que manejan líquidos, ya sea como parte del proceso o en los servicios de enfriamiento de una planta. De

esta manera el intercambiador de calor de placas se ha introducido en múltiples aplicaciones industriales. Hoy en día son ampliamente utilizados en aquellos sistemas que trabajan a temperaturas comprendidas entre -40°C y 250°C .

Las condiciones de trabajo de este equipo en la planta diseñada en el presente proyecto y las características del mismo, se detallan en el apartado 4.2. *Intercambiador de calor de placas* de la presente memoria descriptiva.

3.2.1. COMPONENTES DE UN INTERCAMBIADOR DE CALOR DE PLACAS DE JUNTAS

Un intercambiador de placas consiste en una pila de placas de metal corrugadas, se puede mantener unidas mediante: presión en un bastidor y selladas por medio de una junta (unión mediante juntas), mediante soldaduras (placas soldadas) y mediante la combinación de los dos métodos anteriores (placas semi-soldadas).

En este tipo de intercambiadores se forman una serie de pasillos interconectados a través de los cuales se hacen circular los fluidos de trabajo.

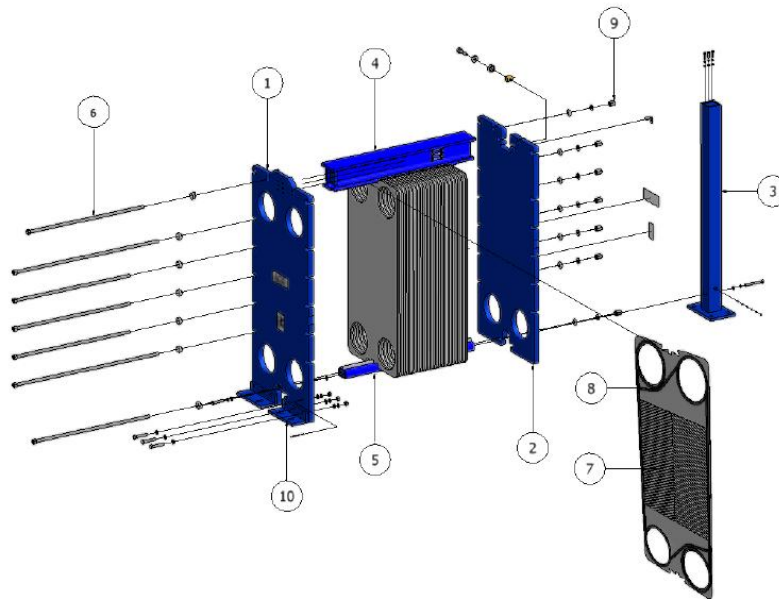


Figura.3.1. Componentes básicos de un intercambiador de calor de placas.

La *figura.3.1. Componentes básicos de un intercambiador de calor de placas* descompone al intercambiador en los siguientes diez componentes:

- 1) Cabecera.
Su función principal es conectar y comprimir el paquete de placas.
- 2) Planchón móvil.
Su función es la de permitir conexiones adicionales y comprimir el paquete de placas.
- 3) Columna de soporte.
Se utiliza para sostener la barra superior y la barra inferior.
- 4) Barra superior.
Sirve de portante y guía para el planchón móvil y para el paquete de planchas.
- 5) Barra inferior.
Su función es la de guiar el planchón móvil y del paquete de placas.
- 6) Barras de apriete

El objeto de dicho componentes es el de comprimir las placas entre la cabecera y el planchón móvil.

7) Placas de circulación

Las placas de transferencia de calor se fabrican prensando láminas delgadas de gran variedad de aleaciones y metales, resistentes a la corrosión. Se debe tener en cuenta a la hora de elegir el material que los coeficientes de transferencia de calor deben ser elevados y la resistencia mecánica de las placas debe ser buena. El más usado es el acero inoxidable, debido a sus propiedades, aunque en función de los fluidos a tratar y de las propiedades de los mismos pueden ser más adecuados unos metales (o aleaciones) que otros, como por ejemplo las aleaciones de níquel y el titanio y sus aleaciones.

El espesor de las placas suele estar comprendido entre 0,50 mm y 1,00 mm. Con el objeto de aumentar la superficie de transferencia de calor, las placas presentan un relieve corrugado o acanaladuras que ayudan a inducir un alto nivel de turbulencia para velocidades medias relativamente bajas (0,25 m/s a 1 m/s). Este aumento de la superficie varía mucho en función de la forma de las corrugaciones. Gracias a la corrugación de las placas y el aumento de la turbulencia se consigue una mejor transferencia del calor (coeficientes de transmisión elevado).

Las placas de intercambio de calor se componen de distintas zonas bien diferenciadas: abertura de entrada, zona principal y abertura de salida (*Figura.3.2. Principales zonas de una placa de intercambio de calor*).

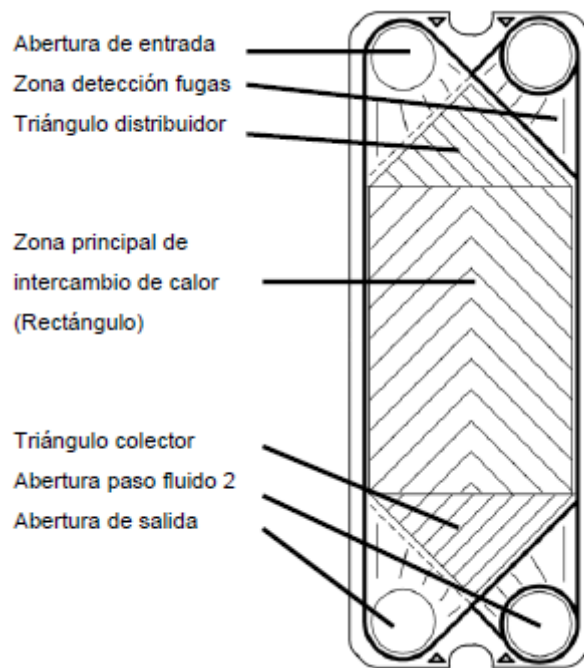


Figura.3.2. Principales zonas de una placa de intercambio de calor.

El diseño corrugado de las placas crea conductos a través de los cuales circulan los fluidos en capas de muy bajo espesor y con gran turbulencia, lo que origina una alta transferencia de calor. El flujo turbulento producido por las corrugaciones rompe la película límite adherida a la superficie de transferencia dando altos coeficientes de convección y un bajo nivel de ensuciamiento.

La elevada transferencia térmica en estos equipos no está dada solamente por el escurrimiento turbulento sino también por los bajos espesores de película a través de las cuales se transmite el calor.

El diseño de las placas puede variar de un suministrador a otro teniendo cada uno diferentes diseños para maximizar la eficiencia del producto y asegurar la seguridad del mismo. Las placas pueden ser específicas para cada producto. Las configuraciones que se hallan presentes en las placas usualmente usadas por ALFA LAVAL (empresa suministradora del equipo usado en el presente proyecto) se diferencian en dos grandes grupos: “intermating” y tipo “chevron” (Figura.3.3. Tipos de placas: a)

corrugaciones tipo “intermating” y b) corrugaciones tipo “chevron”). Las corrugaciones de una placa apoyan en distintos puntos con las corrugaciones de la placa adyacente de tal manera que se provee de rigidez al conjunto sin restringir el flujo.

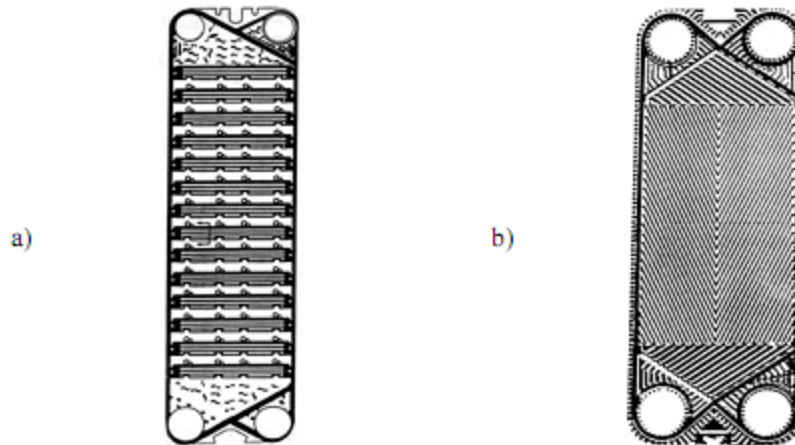


Figura.3.3. Tipos de placas: a) Corrugaciones tipo “intermating” y b) Corrugaciones tipo “chevron”

Cuando se monta un conjunto completo de placas, la estructura de los canales de flujo es simétrica en ambos lados, por lo que se elimina la necesidad que existía en los de carcasa-tubo de decidir que fluido pasará por los tubos y cuál por la carcasa, ya que los lados de la placa son equivalentes. En la figura siguiente (*Figura.3.4. Apilamiento de placas. En rojo se muestra los canales por los que circula el fluido caliente y en azul los del fluido frío*) se muestra los canales por donde pasa el fluido frío y el caliente.

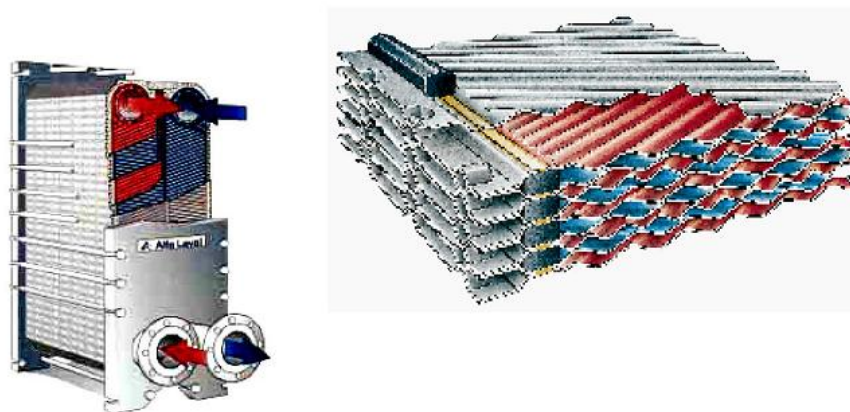


Figura.3.4. Apilamiento de placas. En rojo se muestra los canales por los que circula el fluido caliente y en azul los del fluido frío.

El número de placas se determina en función de los caudales, propiedades físicas de los fluidos, pérdidas de carga admisible y programa de temperaturas (*Ver apartado 2. Diseño del intercambiador de calor de placas Anexo n°1: cálculos justificativos*).

8) Sistemas de unión de las placas.

En La *Figura.3.1. Componentes básicos de un intercambiador de calor de placas* el sistema de unión utilizado es mediante juntas. Estas tienen como función conseguir el sellado y estanqueidad entre las placas que a su vez tienen también por finalidad direccionar el flujo de fluidos a través del conjunto de placas.

El material de las juntas está directamente ligado a las exigencias del servicio, esto es: presiones y temperaturas de operación (*Tabla.3.1. Juntas y temperaturas máxima admisibles*) y de las características fisicoquímicas de los fluidos manejados (ácidos, álcalis, sólidos abrasivos, etc). Las juntas pueden ir pegadas a las placas o con algún dispositivo de grampa (clip).

Tipos de juntas	Temperatura máxima admisible (°C)
Nitryl	130
Butyl	110
EPDM	155
EPM	165
Silicona	210
FKM (viton)	210

Tabla 3.1. Juntas y temperaturas máxima admisibles

El sistema de ajuste de los intercambiadores de placas está diseñado para conseguir un doble sellado de los canales de flujo. Esto asegura que no se mezclen los dos fluidos del proceso. Además y en caso de que existiera alguna fuga en las proximidades de la junta, siempre se fugaría hacia el exterior con lo que se facilita la detección de la misma.

9) Tuercas.

Su finalidad es unir la barra de apriete.

10) Reborde de apoyo.

Se usa para anclar el intercambiador de placas a la base.

Destacar que el bastidor tiene la misión de mantener la pila de placas unidas, proporcionando un buen sellado y formando una estructura rígida mediante una serie de barras horizontales que soportan las placas. Sus componentes son de acero al carbono, con excepción de aquellos que, como las conexiones de entrada y salida, tienen contacto con los fluidos.

En las esquinas del bastidor se encuentran las conexiones para permitir la entrada y salida de los fluidos.

3.2.2. TIPOS DE FLUJOS

La dirección del producto en relación con la dirección de la corriente de calentamiento o enfriamiento puede ser a contracorriente o en paralelo. La dirección de las corrientes puede ser modificada en cada paso. Un paso se refiere a que el flujo es dirigido mediante el empaque hacia el canal, de esta forma entra al espacio existente entre las dos placas ya sea de manera ascendente o descendente y lo inunda hasta salir por otro puerto hacia el siguiente paso.

Los tipos de flujo pueden ser en U o en Z. Una variante es el flujo multipasos, donde se conectan varios pasos en serie. Esto tiene efecto en la eficiencia de la transferencia de calor.

En el flujo tipo U (*Figura 3.5 Sistema de flujo tipo U*) los puertos de entrada y salida de las dos corrientes están en la misma placa mientras que en el flujo tipo Z están colocados del lado contrario. El flujo multipasos consiste en conectar varios pasos en serie. El sistema es estrictamente en flujo a contracorriente, excepto en los efectos finales y en la placa central. En estas placas es donde ambos fluidos cambian de dirección prevaleciendo el flujo en paralelo. Este tipo de flujo se usa para servicios donde se involucran un amplio rango de temperatura para el fluido de proceso y una pequeña diferencia de la misma entre los fluidos. Además se usa cuando un fluido tiene una mayor velocidad o una caída de presión más baja que el otro.

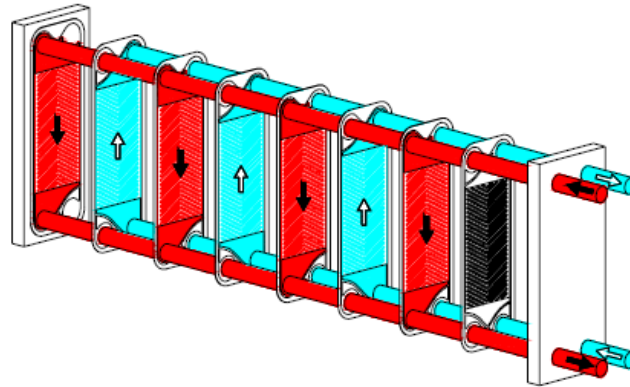


Figura 3.5. Sistema de flujo tipo U

En la figura superior el fluido pintado de azul representa el medio refrigerante y el fluido pintado de rojo representa el producto a enfriar. Se aprecia como un fluido es conducido por los canales impares y otro por los canales pares, estando separados los fluidos mediante la placa impidiéndose que se mezclen ambos fluidos. A través de esta placa ocurre la transferencia de calor en este tipo de intercambiadores de calor.

Para conseguir una buena eficiencia en la transferencia de calor, los canales que quedan entre las placas deben ser lo más estrecho posible, pero por otro lado, tanto la velocidad de flujo como la caída de presión serán mayores si se pasará una gran cantidad de producto en unos canales estrechos.

Estos efectos no son deseables, por lo que el flujo del producto se divide en una serie de flujos paralelos consiguiendo de esta manera que no ocurra el efecto descrito anteriormente.

3.2.3. TIPOS DE INTERCAMBIADORES DE CALOR DE PLACAS

Los intercambiadores de placas se pueden clasificar según:

- La forma de unión de las placas constituyentes del intercambiador.
- El tipo de flujo que circule en el intercambiador.

- El número de pasos que circule a través del intercambiador.
- El número de circuitos de refrigerantes.

3.2.3.1. SEGÚN LA FORMA DE UNIÓN DE LAS PLACAS DEL INTERCAMBIADOR

Existen tres formas de unir las placas:

- **Mediante juntas:** La unión de las placas se realiza apretando las mismas mediante las barras del bastidor, formando los canales por los que fluyen los medios y siendo las juntas las encargadas de cerrar herméticamente dichos canales y evitar así la fuga de los productos al exterior.
- **Mediante soldaduras:** La unión de las placas se realiza mediante soldaduras, haciendo esto que no sea necesaria las juntas. En este tipo de uniones se puede trabajar a presiones y temperaturas más elevadas que para el tipo anterior, sin embargo no se puede desmontar las placas para su limpieza, dificultando esta labor. Otro aspecto a considerar es la poca flexibilidad que proporciona, ya que si se produce un cambio en la necesidad del proceso no se puede modificar el número de placas.
- **Tipo semisoldado:** Consiste en un paquete de placas en el que se alterna las placas soldadas con las placas de juntas. De esta forma un fluido circula por los canales soldados y el otro por los canales de las placas de juntas. Presenta la ventaja de los intercambiadores soldado (mayor presión y temperatura de trabajo) y la ventaja de los intercambiadores de juntas (mayor flexibilidad).

3.2.3.2. SEGÚN EL TIPO DE FLUJO DEL INTERCAMBIADOR

Existen dos tipos de flujos:

- **Flujo paralelo:** La principal característica es que los fluidos se mueven en el mismo sentido. Se utiliza en menor medida que el flujo en contracorriente.
- **Flujo contracorriente:** La principal característica es que el sentido de circulación de un fluido es el contrario al del otro. Es el más utilizado, ya que proporciona una mayor transferencia de calor.

3.2.3.3. SEGÚN EL NÚMERO DE PASOS

- **Un paso.**
- **Varios pasos:** puede ser de dos pasos para cada fluido o tan solo de un paso para uno de ellos y dos para el otro.

Los que funcionan en contracorriente son de un paso. En el caso de dos pasos, por uno de ellos los fluidos trabajan en contracorriente, mientras que el segundo paso los fluidos circulan en paralelo.

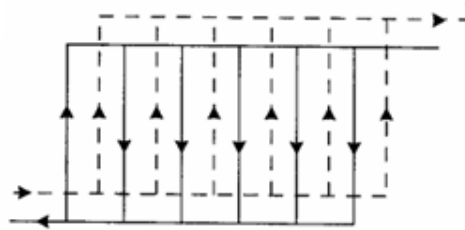


Figura 3.6 Un solo paso

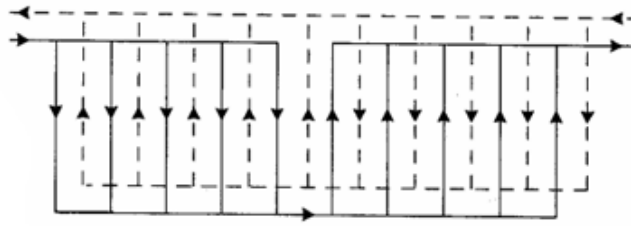


Figura 3.7. Dos pasos

3.2.3.4. SEGÚN EL NÚMERO DE CIRCUITOS REFRIGERANTES

- **Simple:** se caracteriza por tener un único circuito por el cual circula el refrigerante.
- **Doble:** Existe dos circuitos independientes por los que circula el refrigerante. Con este esquema se obtiene una mejora en la simplicidad y en el control de la temperatura si lo comparamos con dos unidades de intercambio de calor. También conlleva un menor coste en conexiones y tuberías.

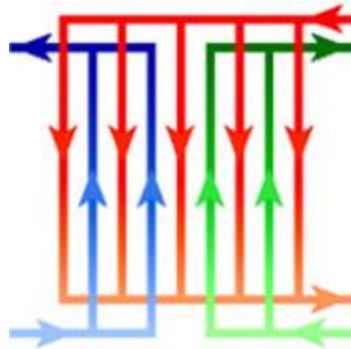


Figura 3.8. Ejemplo de intercambiadores con doble circuito de refrigerante

3.2.4. VENTAJAS Y LIMITACIONES DEL INTERCAMBIADOR DE CALOR DE PLACAS

En los siguientes apartados se detallaran las principales ventajas e inconvenientes de este tipo de intercambiadores.

3.2.4.1. VENTAJAS DEL INTERCAMBIADOR DE CALOR DE PLACAS

Las ventajas del intercambiador de placas frente a otros sistemas de refrigeración son:

- Se tiene un control exacto de la temperatura de enfriamiento, con la posibilidad de automatizar el proceso completo.
- Hay gran ahorro de espacio. El tamaño del equipo suele ser compacto y el peso y volumen del mismo pequeño.
- La esterilidad del vino está asegurada, siempre que los programas de limpieza se cumplan.
- Las placas del intercambiador presentan una gran capacidad de transferencia, al alcanzarse un coeficiente de transferencia de calor muy elevado y una pérdida de carga relativamente baja.
- Fácil desmontaje. Las operaciones de mantenimiento y limpieza se efectúan de manera más fácil y rápida. Todas las superficies se pueden limpiar fácilmente ya sea por métodos manuales o químicos. Los costes de mantenimientos son menores. Esta ventaja es particular en los tipos juntas ya que los de placa soldadas no pueden ser desmontados y necesitan métodos de limpieza más complejos.
- El área de transferencia es menor lo que es una ventaja muy importante cuando por la naturaleza del líquido o por cualquier otro factor, se requiere trabajar con materiales de construcción muy caros.
- Debido a que el área de transferencia es menor, se necesita una menor inversión.

- Las aproximaciones de las temperaturas son más cercanas, maximizando la posibilidad de recuperación del calor.
- La simetría de la configuración para ambos fluidos permite predecir de antemano y con precisión las caídas de temperatura y presión. De esta manera, se puede calcular con precisión el valor de los coeficientes de transferencia siendo menos necesario la introducción de parámetros de incertidumbre. Además la simetría de los canales elimina la necesidad de decidir cuál de los fluidos pasará por los tubos y cuál por la carcasa, dado que los lados de las placas son equivalentes.
- Tiene poca acumulación de suciedad, presentando la ventaja de que necesita menos limpieza. Esto conlleva un menor coste de operación
- Los intercambiadores de junta tienen una mayor adaptabilidad, ya que se puede modificar la disposición de las placas, modificando con ello el programa de temperaturas. Con esta modificación se puede utilizar el mismo intercambiador para distintos procesos.
- Se puede utilizar para una gran diversidad de fluidos y condiciones, incluyendo fluidos viscosos, lo que le proporciona una gran flexibilidad.
- Sin necesidad de modificar el número de placas posee un elevado rango de funcionamiento.

3.2.4.2. LIMITACIONES DEL INTERCAMBIADOR DE CALOR DE PLACAS

Las limitaciones del intercambiador de placas frente a otros sistemas de refrigeración son:

- No es capaz de soportar presiones elevadas, soportando normalmente presiones inferiores a los 30 bar.
- En el caso de que el sistema de unión de las placas sea mediante juntas, los materiales de las estas limitan la temperatura de trabajo.

El rango de temperatura oscila entre 130-220 °C según el material de junta.

- Debido a los estrechos canales entre placas, la caída de presión es relativamente grande, por lo que es necesario tener en cuenta la inversión y los costes de operación y mantenimiento del sistema de bombeo.
- Su utilización para líquidos tóxicos o altamente inflamables no es recomendada cuando el sistema de unión es mediante juntas ya que existe la posibilidad de rotura de las juntas.

3.3. INTERCAMBIADOR DE CALOR DE SUPERFICIE RASCADA

3.3.1. CARACTERÍSTICAS DE LOS INTERCAMBIADORES DE CALOR DE SUPERFICIE RASCADA

Los intercambiadores de calor de superficie rascada se diseñan para el calentamiento o enfriamiento de productos viscosos, pegajosos y gumosos, así como para la cristalización de algunos productos, como es el caso del presente proyecto ya que se tiene vino cercano a la temperatura de congelación y se formará cristales de tartrato y hielo. Tendrá lugar una concentración de los componentes del vino en la fase líquida restante (etanol y tartratos). Consiguiéndose así una sobresaturación de tartratos en la fase líquida.

De esta manera, cualquier producto que pueda ser bombeado puede ser tratado en estos equipos.

El intercambiador de calor de cuerpo rascado actúa como un evaporador, por lo tanto el equipo suele llevar acompañado los restantes elementos de una unidad enfriadora (compresor, condensador y válvula de expansión) (*Ver apartado 4.3. Intercambiador de calor de superficie rascada de la presente memoria descriptiva*).



Figura 3.9. Partes del evaporador de un intercambiador de calor de superficie rascada

Un intercambiador de calor de superficie rascada (evaporador) consiste en dos cilindros concéntricos, donde en el espacio entre ellos se produce la expansión directa del fluido refrigerante, mientras que en el cilindro central (1) se hace circular el vino en flujo a contracorriente respecto del fluido caloportador. Refrigerándose al ponerse en contacto con la pared de separación, e impidiendo la formación de manguitos de hielo en la misma, que harían perder eficacia frigorífica al sistema, mediante un sistema giratorio de paletas o rascadores consistente en: rotores y palas. Los rotores (2) pueden ser de varios diámetros, de 50,8 a 127 mm, y las palas (3) de distintas configuraciones permiten la adaptación de este intercambiador a distintas aplicaciones (*Figura.3.9 Partes del evaporador de un intercambiador de calor de superficie rascada*).

Los rotores de diámetro más pequeño permiten el paso de las partículas más grandes a través del cilindro, mientras que los rotores de diámetro más grande dan lugar a tiempos de residencia más cortos y mejoran el rendimiento térmico.

El producto entra en el cilindro a través de la entrada situada en un extremo del cilindro y fluye continuamente través del mismo. Cuando el proceso se pone en marcha, todo el aire es completamente purgado por un extremo del cilindro, permitiendo que el producto cubra completamente y uniformemente la superficie de enfriamiento.

Las palas rotatorias elimina continuamente el producto de la pared para asegurar una uniforme transferencia de calor hacia el producto. Además, la superficie se mantiene libre de depósitos que se puedan producir.



Figura 3.10 Sección de un intercambiador de calor de superficie rascada

El flujo de producto y la velocidad del rotor se varían para ajustarse a las propiedades del producto que fluye a través del cilindro.

En las paradas el producto puede ser desplazado por el agua con una mínima mezcla lo que ayuda a asegurar la recuperación del producto al final de cada tratamiento. Además, el drenaje completo del equipo facilita la limpieza.

El rotor y las palas son intercambiables, en una operación que es posible llevar a cabo por medio de un dispositivo hidráulico automático que facilita

la subida y bajada del conjunto rotor/palas (*Figura 3.11. Extracción de palas del grupo rotor*).



Figura 3.11. Extracción de palas del grupo rotor

Además de para enfriar el vino hasta valores próximos a su temperatura de congelación, este tipo de intercambiadores de calor se suele utilizar para otros tipos de productos como son: mermeladas, dulces, salsas, chocolate y manteca de cacahuete. También se utiliza en grasas y aceites en la cristalización de margarina etc.

El intercambiador de calor de superficie rascada también tiene versiones diseñadas especialmente para productos asépticos.

Dos o más intercambiadores de calor de superficie rascada se pueden disponer en serie o en paralelo para conseguir una mayor superficie de transferencia de calor dependiendo de la capacidad de proceso requerida.

El coeficiente de transmisión térmica de estos equipos oscila entre 500-700 kcal/h·m²·°C.

3.4. DEPÓSITOS DE FRÍO

3.4.1. DEPÓSITOS DE ALMACENAMIENTO

La historia de los depósitos de almacenamiento de los vinos es tan antigua como la vida de éstos, pues surgen como necesidad de recoger los productos derivados de la vid. Mientras el hombre comía directamente las uvas frescas, o las dejaba pasificar para su conservación y posterior consumo como alimento sólido, no se le presentaba dificultades en su almacenamiento, sin embargo al transformarlas en vino aparece el problema de disponer de un recipiente de suficiente volumen capaz de contener y conservar este precioso líquido. Sin duda el otro líquido indispensable, el agua, lo bebía directamente de los ríos o masas de agua situados en las cercanías de su asentamiento, o como mucho lo almacenaba en pequeños recipientes para su consumo diario.

El hombre a lo largo de la historia construyó recipientes de mayor o menor volumen para contener líquidos y entre ellos el vino, cada vez más perfecto y herméticos, a medida que su tecnología evolucionaba en el tiempo, y utilizando en un principio materiales que encontraba fácilmente en su entorno. Al extenderse el cultivo de la vid desde su probable cuna en Asia Menor, hasta casi todas las tierras ribereñas del mar Mediterráneo, en las del sur a falta de otros materiales, se construyeron recipientes de barro secado o cocido, mientras que en las tierras del norte, más húmedas y fértiles, se utilizó la madera de sus bosques como material abundante y de fácil manipulación. Incluso en algunas zonas se emplearon recipientes contruidos en piedra, a veces de considerables dimensiones, donde debido a su forma de vaso sin posibilidad de hermetizarse por su parte superior, el vino se alteraba con gran rapidez y acabaron utilizándose exclusivamente para la fermentación de la vendimia.

Los depósitos de barro más conocidos como *tinajas*, salvo por su mayor fragilidad y su menor posibilidad de alcanzar grandes volúmenes, siempre presentaron mayores ventajas frente a los contruidos en madera, ya que su

hermeticidad e inercia fisicoquímica frente al vino contenido es superior. Estos recipientes casi nunca tienen una capacidad superior a los 100 a 200 hectolitros, debido a las limitaciones que presenta su proceso de construcción, con una típica forma de pera invertida o cilíndrica con fondo cónico, estando dotados de una boca superior de gran diámetro difícil de hermetizar, y a veces con un pequeño orificio de salida en la parte inferior para el vaciado total. En nuestro país todavía existen algunas antiguas bodegas con tinajas, siendo muy típicas en la zona de Castilla-La Mancha, donde se disponen dentro de una estructura de madera llamada “empotros” que facilita el trabajo sobre las mismas.

Los envases de maderas de gran capacidad conocidas como *tinajas* construidas con diversos tipos de madera, destacando entre ellas el roble, presentan una forma troncocónica con la parte más ancha en las base. Su capacidad no suele exceder de los 300 hectolitros.

Una variante de los recipientes de madera son los *bocoyes*, que tienen una forma de huso truncado o de tonel dispuesto en posición horizontal respecto del suelo, también con elevadas capacidades, y muy utilizados años atrás como recipiente de transporte, o construidos “in situ” en lugares de difícil acceso como en sótanos o cuevas.

Los recipientes de madera han sido poco a poco sustituidos por otro tipo de envases de mejor hermeticidad y más fácil mantenimiento.

En la evolución de los envases vinarios, después del barro cocido y la madera aparecieron los *depósitos de hormigón armado*, hacia finales del siglo XIX y principios del XX cuando se perfeccionó la tecnología de este material de construcción, tomando formas cilíndricas o prismáticas a menudo con paredes comunes si se disponen adosados en forma de batería. Cuando están bien construidos son unos recipientes totalmente herméticos, no existiendo una limitación de volumen.

Al mismo tiempo que los anteriores recipientes, aparecieron los *tanques o depósitos de aceros* con paredes de reducido espesor, casi siempre de forma cilíndrica, sin limitaciones de capacidad y siempre revestidos en su interior para evitar el contacto directo del vino con el metal. La evolución lógica de estos envases ha sido la utilización del acero inoxidable en su construcción presentando un elevado número de ventajas, como a continuación se describirán.

3.4.2. DEPÓSITOS DE ACERO

Los depósitos de acero se empezaron a utilizar en enología primero con paredes de planchas de acero al carbono con revestido exterior y sobre todo interiormente en la zona en contacto con el vino, para evitar su corrosión y cesión a éste de notables cantidades de hierro, mediante la aplicación de un revestimiento adecuado, donde destacan la resina epoxy o el esmalte vitrificado de mayor fragilidad. Estos depósitos son fáciles de construir, transportar e incluso colocar, presentado un excelente coeficiente de transmisión de calor, que facilita la evacuación del calor en las vendimias o mostos en fermentación, y con unas elevadas condiciones de limpieza e higiene en sus paredes interiores.

El vitrificado o esmaltado se realiza en varias capas, aplicando primero una capa adhesiva de esmalte de fondo con adición de óxido de cobalto, hierro o níquel para mejorar la adherencia a la superficie del acero, y luego dos o tres capas del esmalte de cobertura llegando en ocasiones hasta 10 a 12 mm de espesor, siendo vitrificadas a una temperatura de fusión de 960° a 1000° C.

Las obligadas operaciones de mantenimiento del revestimiento, hicieron evolucionar hacia el empleo del acero inoxidable de mayor coste, pero de mejores prestaciones que el anterior, siendo hoy día el material por excelencia utilizado en la totalidad de la industria alimentaria.

3.4.2.1. DEPÓSITOS DE ACERO INOXIDABLE

Conocido desde principios del siglo XX, su utilización en alimentación data de la década de los años cuarenta, y en enología es posterior hacia las décadas de los setenta y ochenta, debido al éxito en las industrias láctea y cervecera. Las prestaciones de este material se resumen en los siguientes aspectos:

- Fácil limpieza y esterilización.
- Nula cesión de componentes y ausencia de sabores extraños.
- Material resistente, duradero y sin mantenimiento.
- Depósitos transportables y polivalentes.
- Excelente relación calidad-precio.

Los aceros inoxidable son aleaciones de hierro con otros metales, que le confieren una elevada resistencia a la corrosión, pudiendo ser de tipo magnético aleados con el cromo (serie 400), dentro de los cuales se encuentran los aceros martensíticos y los ferríticos, o bien de tipo no magnético aleados con el cromo y níquel (serie 300), entre los que se incluyen los austeníticos, siendo estos últimos los utilizados en la fabricación de depósitos. Los aceros inoxidable se definen según distintas normas internacionales, empleándose sobre todo en nuestro país los aceros AISI 304 y AISI 316.

Las propiedades físicas del acero inoxidable, a temperatura ambiente y en estado de temple austenítico, se resumen en las siguientes:

- Módulo de elasticidad: 20300 kg/mm².
- Resistividad eléctrica: 75 cm.
- Peso específico: 7,9 gramos/cm³.
- Calor específico: 0,12 kcal/kg·°C.

Las diferencias que existen entre los aceros inoxidables AISI 304 y AISI 316, se explican según su composición en la aleación mediante la siguiente tabla:

	AISI 304 (%)	AISI 316 (%)
Carbono	<0,08	<0,06
Manganeso	<0,02	<2,00
Silicio	<1,00	<1,00
Fósforo	<0,045	<0,045
Azufre	<0,03	<0,030
Cromo	18,0 a 20,0	16,0 a 18,5
Níquel	8,0 a 10,5	11,0 a 14,0
Molibdeno		2,0 a 3,0

Tabla.3.2. Composición de los aceros inoxidables AISI 304 y AISI 316

La proporción de cromo garantiza, a partir de 12% la resistencia del acero a la oxidación, siendo además a partir del 17%, especialmente resistente a los ácidos oxidantes, como por ejemplo el ácido nítrico. La fracción de níquel hasta aproximadamente un 8%, eleva la resistencia a la corrosión, pero solamente la existencia de al menos un 2% de molibdeno, hace que éste sea especialmente resistente a la acción de sustancias reductoras, como por ejemplo en anhídrido sulfuroso. En ocasiones se utiliza titanio (AISI 321) para fijar el carbono del acero en forma de carburo de titanio, aumentando la resistencia de las soldaduras y a las corrosiones intercristalinas.

En la industria enológica lo habitual es utilizar el acero inoxidable AISI 304, aproximadamente un 20 a 30% más barato que el AISI 316, empleándose exclusivamente este último en las situaciones donde exista

una elevada concentración de anhídrido sulfuroso, como los depósitos de agua sulfitada, en los depósitos de mostos apagados con gas sulfuroso y sobre todo en los de fermentación, donde se produce una acumulación de este gas arrastrado por el anhídrido carbónico desprendido.

Las propiedades de inoxidable del acero de la aleación, se deben a la formación de óxido de los otros metales minoritarios, que forman una *barrera o "capa pasiva"* de pequeño espesor de algunas moléculas e impidiendo la oxidación del hierro. Esta capa pasiva se forma de manera espontánea en la superficie del acero inoxidable, o puede ser forzada su aparición mediante el tratamiento con un ácido oxidante.

A pesar de lo dicho anteriormente, el acero inoxidable puede degradarse en determinadas aleaciones, según cuatro tipos de corrosiones:

- **Corrosión galvánica:** producida cuando existe en el depósito un elemento u accesorio fabricado de otro material, como por ejemplo acero o hierro comunes.
- **Corrosión por contacto:** por la acción reductora del anhídrido sulfuroso, que impide la formación de la capa pasiva por oxidación.
- **Corrosión química por puntos:** debida a la acción de elementos como el fluor, cloro, bromo, yodo, etc.
- **Corrosión intercrystalina:** en los aceros austeníticos que contienen pequeñas cantidades de ferrita más rica en cromo y menos en níquel, pudiendo producirse corrosiones por ausencia de estos metales.

El empleo de aleaciones adecuadas para cada caso, impiden una posible corrosión del acero inoxidable, pudiendo ser reparada la superficie afectada mediante un lijado previo de la misma, y luego reponiendo la capa pasiva por una aplicación de ácido nítrico al 20% en caliente a una temperatura de 80°C. Las chispas de soldadura y los roces con oro metálico son origen de posibles corrosiones, por lo que es conveniente proteger el acero inoxidable

en la fase de su manipulación en los talleres, con una lámina adhesiva de plástico, que luego pueda ser retirada con facilidad.

La *terminación de la superficie* tiene también una gran importancia, siendo las superficies lisas menos degradables que las rugosas, presentando una menor adherencia de los tartratos o de la suciedad, y siendo además más fáciles de limpiar. Los acabados de las superficies del acero inoxidable pueden ser las siguientes:

- **V. “Superficie pulida alto brillo”**. No se utiliza en depósitos por su elevado precio.
- **IV. “Superficie pulida”**. Se emplea en algunos depósitos. Existen distintos tipos de acabado en función del tamaño del grado de pulimento: 180 a 320.
- **III d. “Superficie recocida brillante con gas protector”**. Se utiliza en depósitos alimentarios.
- **III c. “Superficie laminada en frío, tratada por calor y relaminado”**. Se utiliza en depósitos alimentarios.
- **III b. “Superficie laminada en frío, tratada por calor y decapado”**. Se utiliza en depósitos alimentarios.
- **II a. “Superficie laminada en caliente, tratada por calor y decapado”**. Excesivamente rugosa para depósitos alimentarios.

Los depósitos de acero inoxidable se construyen de forma cilíndrica trabajando las paredes de los depósitos a tracción, donde este material es especialmente resistente impidiendo la deformación del mismo y permitiendo además el empleo de espesores muy reducidos, que abaratan mucho la construcción de los mismos. El espesor no debe ser inferior a 2 mm.

A medida que el depósito es de mayor volumen, la cantidad del acero inoxidable utilizado por unidad de capacidad es cada vez más reducida, pudiendo estimarse los siguientes consumos:

- 4 a 5 kg/hl: depósitos pequeños (50 a 200 hl).
- 3 a 4 kg/hl: depósitos medianos (300 a 700 hl).
- 2 a 3 kg/hl: depósitos grandes (1000 a 2000 hl).

Los depósitos de acero inoxidable pueden construirse sobre patas, siendo de mayor costo pero movibles, o bien construirse sobre bancada de menor precio. Los primeros tienen una limitación de volumen de hasta 500 a 700 hl, utilizándose sobre todo cuando se precisa elevar el depósito más de lo normal, por ejemplo en el caso de autovaciantes de tintos, mientras que los segundos no presentan una limitación de volumen, pudiéndose alcanzar capacidades millonarias.

La unión de chapas se realiza por medio de soldadura, siendo éste un aspecto de gran importancia para evitar la aparición de tensiones e incluso poros en los cordones. El mejor sistema de soldadura se hace por laminado, bajo una atmósfera inerte de argón o mezcla de helio y argón, y con un electrodo de tungsteno no combustible. Después de la soldadura el cordón debe ser limpiado y a continuación pasivado para evitar posibles corrosiones. Para eliminar la oxidación producida en los procesos de soldadura se utiliza una mezcla de ácido nítrico al 10 a 25% y ácido fluorhídrico al 1 a 8%, a una temperatura de 25° a 60°C y durante 5 a 50 minutos, debiendo enjuagarse luego con agua abundante.

3.5. CÁMARA ISOTÉRMICA

El almacenamiento frigorífico tiene como finalidad la conservación de productos en un régimen controlado de temperatura y humedad, por lo que requiere unas condiciones especiales que permitan el mantenimiento de la temperatura y humedad requeridas, la evacuación de agua, la ausencia de olores, facilidad de limpieza, resistencia a los cambios de presión, etc.

Para conseguir unos resultados óptimos, hay que concebir la cámara para que albergue los productos en las condiciones técnicas y sanitarias requeridas y, al mismo tiempo, economizando al máximo el gasto de energía.

La cámara dispondrá de muros de fábricas (su diseño no es objeto del presente proyecto) y a ella se le añade la barrera antivapor, el material aislante y se recubre con el revestimiento.

3.5.1. BARRERA ANTIVAPOR

Los aislantes no deben absorber humedad, pues se puede condensar en forma de agua incidiendo negativamente en las propiedades del material debiéndose por lo tanto colocar una barrera antivapor que impida la penetración de la humedad y su condensación e incluso congelación en el interior del aislantes producida por las bajas temperaturas interiores.

La presencia del agua en el material aislante tiene, entre otros, los inconvenientes siguientes:

- Aumentar considerablemente la conductividad térmica.
- Originar variaciones dimensionales.
- Aumentar el flujo térmico transmitido al recinto.
- Aumentar el tiempo de funcionamiento de la instalación frigorífica.
- Provocar un descenso de la humedad relativa del aire de la cámara.

- Incluso, llegar al desprendimiento de techos y a la degradación mecánica del aislante.

Por lo tanto, hay que impedir la entrada del agua al aislamiento, bien sea en fase líquida o en fase vapor. La protección del aislante contra el agua líquida es bastante elemental. Con respecto al vapor de agua:

- Se considera que los materiales aislantes son más o menos permeables al paso de elementos gaseosos.
- Se tiene en cuenta que, entre una parte y otra de la pared que limita un recinto frigorífico existe una diferencia entre las presiones parciales del vapor de agua, debido a los diferentes grados de humedad y temperatura que hay en cada una de ellas.

Por tanto, y debido a esta diferencia de presión, el vapor de agua emigra desde el exterior hacia el interior de la pared aislada, por difusión a través de la fase gaseosa inmovilizada en la pared sólida del material aislante. Esta migración puede producir condensación en la pared o, incluso convertirse en hielo cuando son cámaras a temperatura negativa lo que cambiará la conductividad a lo largo del tiempo

El agua tiene una conductividad térmica mucho más alta, ($\lambda = 0,48$ kcal/h·m·°C a 0 °C), en comparación con los materiales normalmente usados para aislamiento térmico (por ejemplo el poliestireno: $\lambda = 0,026$ kcal/h·m·°C). Así, una pequeña cantidad de agua dentro del material aislante aumenta significativamente la conductividad térmica. A largo plazo, esto puede conducir a un aumento de las pérdidas de energía y a una condensación superficial.

Por lo tanto, se debe tomar las precauciones oportunas y esto se consigue mediante la creación de una barrera antivapor. Esta debe ser lo más estanca posible al vapor de agua y disponerla en la cara externa de la pared aislada y al contrario, la cara fría del aislante debe ser permeable al vapor de agua,

para que no ofrezca resistencia a esa transferencia, con lo que retendría el agua.

La barrera antivapor debe quedar establecida de forma continua sobre toda la superficie exterior que conforma el aislante.

Desde el punto de vista energético la calidad de esta barrera es muy importante, ya que si fuera defectuosa la humedad saturará el aislamiento, aumentando la conductividad térmica y, por lo tanto, el consumo de energía eléctrica en el compresor.

3.5.2. MATERIAL AISLANTE

Un aislante térmico es un material caracterizado por su alta resistencia térmica. Establece una barrera al paso del calor entre dos medios que naturalmente tenderían a igualarse en temperatura.

3.5.2.1. OBJETIVOS

Los objetivos del material de aislamiento son:

- 1) Facilitar el mantenimiento de la temperatura adecuada en el interior del recinto ajustando las pérdidas de calor a unos valores prefijados por unidad de superficie o longitud.
- 2) Proporcionar ahorro energético.

Además, el aislamiento térmico puede cumplir otros objetivos adicionales:

- Añadir resistencia adicional a paredes, techos o suelos.
- Facilitar un soporte para el acabado de las paredes.
- Aumentar la resistencia ofrecida a la difusión del vapor de agua.
- Prevenir o retardar la formación de fuego o llamas.
- Disminuir el ruido.
- Proporcionar seguridad personal, eliminando el riesgo de contacto con superficies excesivamente frías o calientes.

3.5.2.2. ASPECTOS A CONSIDERAR

A la hora de elegir un material de aislamiento se deben tener en cuenta una serie de consideraciones, entre las que destacan:

- Resistencia a la compresión.
- Coeficiente de conductividad térmica.
- Permeabilidad al vapor de agua.
- Inflamabilidad.
- Acabado exterior.
- Posibilidad de variación de sus dimensiones.
- Peso específico.
- Temperatura admisible para su uso.
- Prohibición desde el punto de vista sanitario.

3.5.2.3. CARACTERÍSTICA DE LOS AISLANTES

Los materiales empleados como aislantes se distinguen por:

- Presentar baja conductividad térmica y baja higroscopicidad.
- Ser inatacables por roedores.
- Ser inodoros y mostrar ausencia de fijación de olores.
- Ser incombustible y neutros químicamente frente a otros materiales utilizados en la construcción y frente a fluidos con los que deban estar en contacto.
- Presentar un comportamiento plástico adaptándose a las deformaciones de la obra.
- Ser fáciles de colocar.
- Mostrar resistencia a la compresión y tracción.

3.5.2.4. CLASIFICACIÓN DE LOS AISLANTES

Existen diversos criterios para clasificar los materiales aislantes, siendo los más usuales los expuestos a continuación:

1) Por su origen:

- **Minerales:** Fibra de vidrio, lana de roca, vidrio expandido o celular, espuma de vidrio.
- **Sintético:** Espumas de PVC (cloruro de polivinilo expandido), espumas de poliestireno (expandido o extruído), espumas de poliuretano.
- **Vegetales:** Corcho, fibras de madera.

2) Por su estructura:

- **Pulvulentos:** Corcho, diatomeas, Kieselguhr, perlita, versiculitas.
- **Fibrosos:** Fibra de vidrio, lanas minerales, lanas de escoria, animales y vegetales.
- **Espumas:** Hormigones celulares, de origen sintético: con células abiertas y cerradas y aglomerantes.

3) Por su temperatura:

- **Refractarios** (más de 800°C).
- **Semirrefractarios** (fibras cerámicas).
- **Ordinarios** (menos de 800°C).

3.5.2.5. AHORRO DE ENERGÍA

Los aislantes ofrecen la posibilidad de reducir las pérdidas de energía a lo largo del tiempo y por ello produce un ahorro energético.

La eficiencia de los materiales de aislamiento térmico para reducir al mínimo la entrada de calor a lo largo del tiempo depende de la conductividad térmica inicial y del rendimiento efectivo de la barrera

antivapor. La finalidad de la barrera antivapor es reducir al mínimo la penetración de vapor de agua en el interior del aislamiento de manera que el cambio en la conductividad térmica a lo largo del tiempo sea muy pequeño (*Ver apartado 3.5.1. Barrera antivapor de la presente Memoria Descriptiva*).

El aislamiento térmico produce un ahorro de energía al no dejar escapar el calor y la barrera antivapor produce el ahorro energético al evitar la deposición del agua sobre el aislamiento.

3.5.3. REVESTIMIENTO

Los materiales aislantes debemos protegerlos con un recubrimiento o revestimiento, por las siguientes razones:

- Razones mecánicas, dado que la resistencia mecánica del material aislante no es muy alta y están expuestos a sufrir golpes.
- Razones higiénicas, ya que deben efectuarse acciones de mantenimiento y sus superficies rugosas y porosas no lo permiten.
- Las paredes deben ser “duras, lisas y lavables”.
- Para evitar la entrada de agua.
- Por protección a otros agentes: fuego, microorganismo etc.
- Por estética.

Las características que se les deben exigir son:

- Resistencia a los golpes.
- Permeabilidad.
- Estabilidad dimensional.
- Incombustibilidad.
- Carencia de olores.
- Qué esté homologado por las autoridades sanitarias.

3.6. EQUIPO FRIGORÍFICO

3.6.1. CICLO DE COMPRESIÓN

El equipo frigorífico se compone de un circuito cerrado por donde discurre un fluido especial, existiendo fundamentalmente los siguientes elementos: compresor, condensador, válvula de expansión y evaporador. El compresor es un elemento que comprime el gas de circuito, elevando su presión y haciéndolo también subir de temperatura, pasando a continuación al condensador donde el gas comprimido se enfría licuándose (calor latente de condensación), gracias a la intervención de una refrigeración externa de aire o de agua, los cuales entran fríos y salen del condensador a más alta temperatura. El fluido en estado líquido se dirige hacia la válvula de expansión donde se regula la vaporización del gas en el evaporador, pasando de nuevo a estado gaseoso mediante una importante absorción de calor (calor latente de evaporación) la cual es tomada de otro fluido externo que circula por él, consiguiéndose reducir su temperatura. Seguidamente el fluido en forma gaseosa es aspirado por el compresor, para continuar con el ciclo antes mencionado.

De una manera global se observa que el calor del fluido externo que circula por el evaporador (aire, agua otro líquido), consigue reducir la temperatura de los primeros a costa de elevar las temperatura de los segundos.

Una parte del circuito: compresor – evaporador - compresor, lo hace como baja presión. Del mismo modo en una parte del circuito: evaporador – compresor - condensador, el fluido está en forma de gas o vapor, y en la otra parte: condensador – válvula de expansión - evaporador, permanece en forma líquida.

Los refrigerantes se encuentran normalmente en estado líquido o en la región del vapor donde las leyes de los gases no son aplicables, entonces el concepto de entalpía se utiliza en refrigeración para valorar los cambios de

energía, dibujándose los ciclos de refrigeración sobre coordenadas presión – entalpía, también llamado diagrama de Mollier.

Una vez que el gas se ha comprimido y por lo tanto su temperatura se ha elevado, desde la salida del compresor hasta la entrada en el condensador se produce en la conducción una bajada de temperatura conocida como “desrecalentamiento”, para a continuación producirse la condensación por el enfriamiento debido al fluido de refrigeración externo. Del mismo modo y desde la salida del condensador, hasta la entrada en la válvula de expansión, se produce un inicio de evaporación del fluido de refrigeración en la conducción llamado “subenfriamiento”, para luego hacer descender la presión por la apertura de la válvula, que provoca en el evaporador una vaporización del fluido frigorígeno, que es capaz de enfriar el fluido externo.

Por último, desde la salida del evaporador, hasta la entrada en el compresor, se produce un calentamiento del fluido frigorígeno en la conducción, denominado “recalentamiento”, para iniciarse de nuevo el ciclo a partir de éste. El “subenfriamiento” se puede realizar en el condensador añadiendo mayor superficie de intercambio en el mismo, o bien en un intercambiador economizador de calor, donde el fluido condensado se subenfriaría con el fluido vaporizado en la fase de recalentamiento.

3.6.2. FLUIDOS REFRIGERANTES

La función de las instalaciones frigoríficas es la de enfriar un ambiente, para ello extraen calor de su interior y lo ceden al exterior. El agente que realiza dicho trasvase de calor de una zona a otra se denomina refrigerante o fluido frigorífico. Se usan como medio de transporte de calor entre dos puntos.

El calor se puede transportar en forma de calor latente o en forma de calor sensible. En el primer modo, el fluido sufre un cambio de estado (de

líquido a vapor) para absorber calor y otro cambio (de vapor a líquido) para cederlo. Los refrigerantes que trabajan de este modo se denominan frigorígenos y son los utilizados en las instalaciones frigoríficas de compresión.

El calor se transporta de modo sensible cuando el refrigerante únicamente sufre un aumento de temperatura para absorber calor y un descenso para cederlo. Los refrigerantes en este caso se denominan frigoríferos.

3.6.2.1. CARACTERÍSTICAS DE LOS REFRIGERANTES

Las propiedades exigibles a un fluido frigorígeno dependen de las condiciones de funcionamiento y de la relación con sus propiedades físicas, termodinámicas, químicas, de seguridad. Debido a la amplia gama de condiciones de funcionamiento no existe el refrigerante que cumpla todas las exigencias y su idoneidad dependerá del grado en que sus propiedades se adecuen a las exigencias concretas de su utilización.

3.6.2.1.1. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

Las características físicas a tener en cuenta son las siguientes:

- Presión de vapor

Es conveniente que sea superior a la presión atmosférica para evitar que en las zonas de baja presión algún poro en la instalación provoque la entrada de aire ambiente en el sistema con los perjuicios que ello conlleva al refrigerante y a la instalación.

- Presión de condensación

Cuanto más baja sea, menos exigencias se le solicitarán a las tuberías y elementos auxiliares de la instalación, con el menor coste y las menores necesidades de mantenimiento que ello conlleva.

La relación de compresión también es aconsejable que sea baja, reduciendo así la potencia del compresor, aumentando su rendimiento (a menor relación de presión se producen menores fugas entre las juntas y ajustes de dicho elemento) y reduciendo el consumo de energía de la instalación.

- Calor latente de vaporización

Éste debe presentar un valor alto a fin de obtener una producción frigorífica específica elevada y un menor caudal másico a circular, lo que permitirá usar equipos más pequeños y de menor potencia.

3.6.2.1.2. CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS

El refrigerante no debe sufrir transformaciones químicas en las condiciones de utilización del sistema frigorífico, y debe ser inerte frente al aceite, frente a los materiales de la instalación y frente a la presencia de agua en el circuito.

3.6.2.1.3. CARACTERÍSTICAS DE SEGURIDAD

Los factores que afectan a la seguridad en la utilización de los refrigerantes son los primeros considerados en su selección. En este sentido el boletín oficial del estado (B.O.E.) que incluye este punto es “*El reglamento de seguridad para instalaciones frigoríficas y sus instrucciones técnicas complementarias*”.

En dicho B.O.E. se trata los refrigerantes en función del grado de seguridad del refrigerante, de las exigencias de los locales, del tipo de ocupación o utilización y de las características de los sistemas de refrigeración empleados.

Las características de seguridad de cada fluido frigorígeno se tratan explícitamente en la instrucción complementaria IF-02 (“*Clasificación de los refrigerantes (fluidos frigorígenos)*”).

A continuación se clasifican los refrigerantes en grupos de acuerdo con sus efectos sobre la salud y la seguridad. Para ello se clasifican de acuerdo con su inflamabilidad y su toxicidad. Se definen dichos parámetros de la siguiente forma:

- Toxicidad: Causada por presentar mayor o menor grado de toxicidad para el hombre o más ampliamente, por producir asfixia al desplazar el oxígeno.
- Inflamación o explosión: Causada a partir de ciertos límites de concentración en el aire.

Ahora se pasa ver la clasificación por la cual se rige la instrucción complementaria anteriormente mencionada.

1) Clasificación en función de su inflamabilidad:

Los refrigerantes deberán incluirse dentro de uno de los tres grupos, 1, 2 y 3 basándose en el límite inferior de inflamabilidad a presión atmosférica y temperatura ambiente:

- GRUPO 1: Refrigerantes no inflamables en estado de vapor a cualquier concentración en el aire.
- GRUPO 2: Refrigerantes cuyo límite inferior de inflamabilidad, cuando forman una mezcla con el aire, es igual o superior al 3,5% en volumen (V/V).
- GRUPO 3: Refrigerantes cuyo límite inferior de inflamabilidad, cuando forman una mezcla con el aire, es inferior al 3,5% en volumen (V/V).

2) Clasificación en función de la toxicidad:

Los refrigerantes deberán incluirse dentro de uno de los dos grupos A y B basándose en su toxicidad:

- GRUPO A: Refrigerantes cuya concentración media en el tiempo no tiene efectos adversos para la mayoría de los trabajadores que pueden estar

expuestos al refrigerantes durante una jornada laboral de 8 horas diarias y 40 horas semanales y cuyo valor es igual o superior a una concentración media de 400 ml/m³ [400 ppm. (V/V)].

- GRUPO B: Refrigerantes cuya concentración media en el tiempo no tiene efectos adversos para la mayoría de los trabajadores que puedan estar expuestos al refrigerante durante una jornada laboral de 8 horas diarias y 40 horas semanales y cuyo valor es inferior a una concentración media de 400 ml/m³ [400 ppm. (V/V)].

Los refrigerantes se clasifican por grupos de seguridad según la tabla siguiente:

Grupo de seguridad

	Altamente Inflamable	A3	B3
	Ligeramente Inflamable	A2	B2
Inflamabilidad creciente ↑ ↑	No inflamable	A1	B1
		Baja Toxicidad	Alta Toxicidad
		→ → Toxicidad creciente	

Tabla.3.3. Grupo de seguridad y su determinación en función de la inflamabilidad y toxicidad

Para el propósito de este reglamento se agrupan de forma simplificada como sigue:

- Grupo L1 de alta seguridad: A1
- Grupo L2 de media seguridad: A2, B1, B2;
- Grupo L3 de baja seguridad: A3, B3;

Por lo tanto a efecto práctico de seguridad nos interesa un refrigerante que pertenezca al grupo A1, siendo entonces no inflamable y teniendo baja toxicidad.

Clasificación	Refrigerante 2)	DENOMINACIÓN	Fórmula	Masa Molar (MM) 3)	Limite Práctico 4) 5)	Punto de ebullición a 1,013 bar a 9) °C	Inflamabilidad				Potencial de calentamiento atmosférico 6) PCA 100	Potencial agotamiento de la capa de ozono 7) PAO	Clasif. según: 8) REP		
							Temp. Auto-ignición °C	Límites de inflamabilidad							
								Limite inferior kg/m ³ % v/v	Limite superior kg/m ³ % v/v						
1	A1/A1	R-404A ⁽¹¹⁾	R-125/143a/134a (44/52/4)	CF ₃ CHF ₂ +CF ₃ CH ₃ +CF ₃ CH ₂ F	97.6	0.48	-46.5 a -45.7	728	-	-	-	-	3 260	0	2
1	A1/A1	R-405A	R-22/152a/142b/C318 (45/7/5.5/42.5)	CHClF ₂ +CHF ₂ CH ₃ +CH ₃ CClF ₂ +C ₄ F ₈ ⁽¹¹⁾	111.9	*	-32.8 a -24.4	*	-	-	-	-	4 480	0.028	2
1	A1/A1	R-407A ⁽¹¹⁾	R-32/125/134a (20/40/40)	CH ₂ F ₂ +CF ₃ CH ₂ F+CF ₃ CH ₂ F	90.1	0.33	-45.2 a -38.7	685	-	-	-	-	1 770	0	2
1	A1/A1	R-407B ⁽¹¹⁾	R-32/125/134a (10/70/20)	CH ₂ F ₂ +CF ₃ CH ₂ F+CF ₃ CH ₂ F	102.9	0.35	-46.8 a -42.4	703	-	-	-	-	2 280	0	2
1	A1/A1	R-407C ⁽¹¹⁾	R-32/125/134a (23/25/52)	CH ₂ F ₂ +CF ₃ CH ₂ F+CF ₃ CH ₂ F	86.2	0.31	-43.8 a -36.7	704	-	-	-	-	1 520	0	2
1	A1/A1	R-408A	R-125/143a/22 (7/46/47)	CF ₃ CH ₂ F+CF ₃ CH ₃ +CHClF ₂ ⁽¹¹⁾	87	0.41	-44.6 a -44.1	*	-	-	-	-	2 650	0.026	2
1	A1/A1	R-409A	R-22/124/142b (60/25/15)	CHClF ₂ +CF ₃ CHClF+CH ₃ CClF ₂ ⁽¹¹⁾	97.5	0.16	-34.7 a -26.3	*	-	-	-	-	1 290	0.048	2
1	A1/A1	R-409B	R-22/124/142b (65/25/10)	CHClF ₂ +CF ₃ CHClF+CH ₃ CClF ₂ ⁽¹¹⁾	96.7	0.17	-35.8 a -28.2	*	-	-	-	-	1 270	0.048	2
1	A1/A1	R-410A ⁽¹¹⁾	R-32/125 (50/50)	CH ₂ F ₂ +CF ₃ CH ₂ F	72.6	0.44	-51.6 a -51.5	*	-	-	-	-	1 720	0	2
1	A1/A1	R-410B ⁽¹¹⁾	R-32/125 (45/55)	CH ₂ F ₂ +CF ₃ CH ₂ F	75.5	0.43	-51.5 a -51.4	*	-	-	-	-	1 830	0	2

Tabla.3.4. Características de los refrigerantes

3.6.3. EVAPORADORES

El evaporador es un componente de la instalación que tiene por misión transmitir frío, es decir, absorber el calor del circuito de producto a enfriar.

Los evaporadores son intercambiadores térmicos que aseguran la transmisión del flujo calorífico del medio que se enfría hacia el fluido frigorígeno. Este flujo calorífico tiene por finalidad la evaporación del fluido refrigerante líquido contenido en el interior del evaporador

El evaporador debe obtener la transmisión del flujo calorífico que procede del medio que se enfría al fluido frigorígeno, absorbiendo éste dicho flujo a temperatura constante por liberación de su calor latente de evaporación.

Esto ocurre debido a que la temperatura de ebullición del fluido refrigerante es inferior a la temperatura de medio que se desea enfriar, convirtiéndose el refrigerante en el foco frío, y el medio a refrigerar en el foco caliente.

El fluido refrigerante se evapora a baja temperatura y, por tanto, a baja presión, aunque usualmente superior a la atmosférica, con el objeto de evitar la entrada de gases y/o vapor de agua en el circuito de baja presión.

El evaporador de la instalación frigorífica está ubicado entre la válvula de expansión y la tubería de aspiración del compresor. La absorción de calor del recinto a refrigerar y la transmisión de ese calor al fluido refrigerante, se consigue de la forma siguiente: el fluido proveniente de la válvula de expansión entra al evaporador a la temperatura de ebullición correspondiente a la presión existente en el mismo, y lo hace como vapor saturado muy húmedo (con un título de vapor muy bajo), debido a su baja temperatura, absorbe calor a través de las paredes del evaporador, por lo que se evapora la fracción líquida y aumenta el título del vapor en el momento de salida del evaporador.

La eficacia frigorífica de la mezcla líquido-vapor depende del contenido de líquido en la mezcla, por lo que debe tenerse interés en reducir el valor de la relación de la mezcla admitida en el evaporador a un límite lo más bajo posible.

Cuando el evaporador se alimenta por válvula de expansión, es imposible disponer de líquido puro en la inyección. Si queremos alimentar absolutamente el evaporador con líquido puro, deberá disponerse en el circuito frigorífico de un separador de líquido.

3.6.3.1. CARACTERÍSTICAS QUE DEBE REUNIR UN EVAPORADOR

Para obtener un buen rendimiento, es decir, para conseguir una buena transmisión de calor en el evaporador, éste debe reunir las siguientes condiciones operativas y constructivas:

- **Operativas:**

- La mayor parte de la superficie del evaporador debe estar en contacto con vapor saturado húmedo y, si es posible, con líquido refrigerante en ebullición, mejorando así el coeficiente de transmisión de calor.
- La vaporización del fluido debe hacerse preferentemente por ebullición, condición que ratifica a la anterior.
- El vapor debe salir saturado seco hacia el compresor. En caso negativo se colocará un separador de líquido.
- El fluido circulará por el evaporador produciendo una pérdida de carga mínima, pero con velocidad suficiente para originar una buena transmisión de calor.
- En su seno deben separarse del fluido frigorígeno todas las impurezas, incluso el aceite de los oleosolubles.
- Debe presentar estanqueidad y solidez respecto al refrigerante utilizado.

- **Constructivas:**

- Su construcción debe ser sencilla, simple de ejecutar y de operar, siendo su precio bajo.
- Debe ser resistente a la corrosión.

- **Higiénicas y de mantenimiento:**

- Ser de fácil limpieza y, en su caso, de desescarhe. Debe tener un acceso fácil para inspección, limpieza y disponibilidad para purgar aceite, lo que repercutirá en un bajo coste de mantenimiento.

Un evaporador que reúna estas características funcionará bien siempre que tenga una buena alimentación de fluido frigorífico. La velocidad de alimentación depende de la velocidad de vaporización del refrigerante, la cual aumenta con la carga térmica.

3.6.3.2. TIPOS DE EVAPORADORES

Los evaporadores se pueden clasificar de varios modos, la primera según su construcción en evaporadores de aire y evaporadores de líquido y la segunda atendiendo a la forma de evaporación del fluido frigorígeno, en evaporadores “secos” y evaporadores “inundados”.

Según su construcción

1) Evaporadores de aire

Estos aparatos únicamente sirven para la refrigeración ambiente de recintos cerrados.

El calor se extrae en forma de calor sensible, aunque también en forma de calor latente cuando se produce un fenómeno de condensación o formación de escarcha sobre el evaporador y procedente de la humedad del aire. Con este motivo, estos equipos deben tener una bandeja colectora de agua situada en la parte inferior, dotada de una pendiente del 6% y prever una salida para la evacuación del agua ambiente condensada. Cuando se forma escarcha sobre los serpentines, ésta debe ser periódicamente eliminada para mantener una adecuada transmisión de calor, pudiendo hacerse esta operación de desescarche de varias maneras:

- Mediante la inyección en los serpentines de vapores de refrigerante recalentados.
- Utilizando un calentamiento exterior con resistencias eléctricas.
- Mediante la fusión por pulverización exterior con agua caliente o glicolada.

- Invirtiendo el funcionamiento del equipo frigorífico, convirtiéndose temporalmente el evaporador en condensador.
- Mediante una corriente de aire comprimido utilizando boquillas móviles.

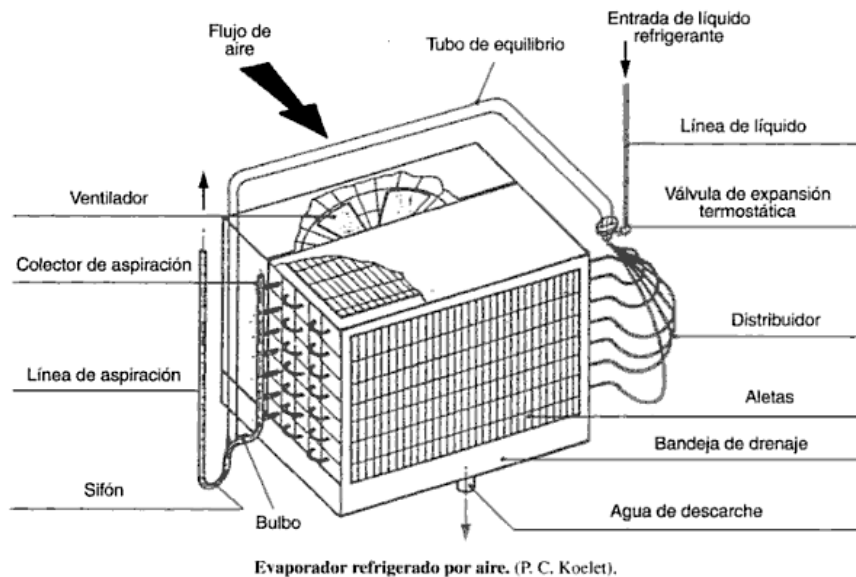


Figura.3.12. Evaporador de aire

a) *Evaporadores de aire de convección natural*

Estos evaporadores (*Figura.3.13. Evaporador de aire de convección natural*) se utilizan para refrigeradores domésticos y neveras portátiles, donde es necesaria una humedad relativa elevada y no es necesaria la ventilación de los productos almacenados. Sus inconvenientes son el bajo coeficiente de transmisión de calor, la deficiente distribución de la temperatura del recinto y la dificultad de desescarche.

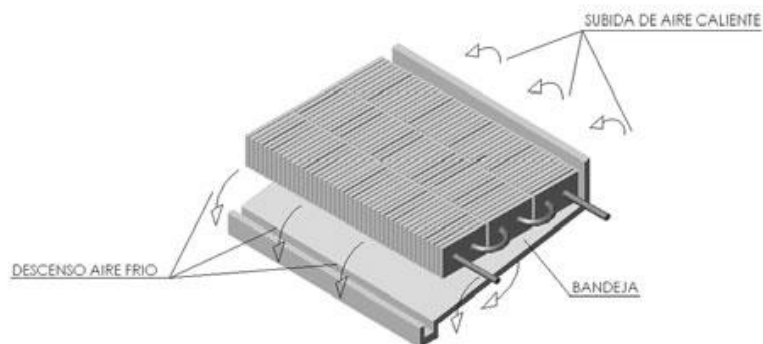


Figura 3.13. Evaporador de aire de convección natural

El funcionamiento de estos evaporadores se basa en la diferencia de densidades del aire conforme aumenta de temperatura. El aire del recinto a enfriar al ponerse en contacto con las aletas del evaporador se enfría, aumenta su densidad y, al ser más pesado, cae. Es reemplazado por aire caliente que llega por la parte superior al evaporador y realiza el mismo ciclo.

La velocidad de circulación del aire sobre los tubos del evaporador en la convección natural es función de la diferencia de temperatura existente entre el evaporador y la cámara.

Cuanto mayor sea la diferencia de temperatura, mayor es el nivel de circulación.

b) Evaporadores de aire de convección forzada

Consiste en un serpentín o un conjunto de serpentines en cuyo interior circula el fluido frigorígeno, recibiendo por su parte exterior una corriente forzada de aire por un ventilador, aumentando la eficacia de la transmisión del calor por medio de un aleteado exterior de los serpentines. La potencia del ventilador no excederá del 3% de la carga térmica total del evaporador y situándose preferentemente el ventilador a la salida del evaporador para evitar la absorción del calor de motor.



Figura.3.14. Evaporadores de aire de convección forzada

2) *Evaporadores de líquido*

Estos aparatos se emplean para la refrigeración directa de líquidos, bien mosto o vino en la industria enológica, o bien agua como refrigerante intermedio para enfriar luego los anteriores. En la mayor parte de los casos están formados por una carcasa horizontal, que contiene en su interior un haz de tubos, razón por la que también se denominan como evaporadores multitubulares de envolvente. En unas ocasiones el fluido frigorígeno circula y se vaporiza en el interior de los tubos, circulando el fluido a refrigerar por el exterior, denominándose entonces de tipo “seco”; o en otras ocasiones y por el contrario, el líquido a enfriar es quien circula por el interior de los tubos, produciéndose la vaporización del fluido frigorígeno en la carcasa y por la parte exterior del haz de tubos, denominándose entonces de tipo “inundado”.

Estos evaporadores se construyen de cobre para obtener un buen coeficiente de transmisión, y siempre que se utilice agua como refrigerante intermedio.

Según la forma de evaporar el refrigerante

1) *Evaporadores “secos”*

Los vapores situados en la parte final de las conducciones están secos y casi libres de gotas de líquido frigorígeno.

2) Evaporadores “inundados”

Los vapores de salida se encuentran saturados con una mezcla de pequeñas gotas de líquido frigorígeno, siendo por lo tanto más apropiado referirse respectivamente a evaporadores de vaporización “completa” e “incompleta”. La presencia de líquido mantiene húmeda la superficie interna de las conducciones, factor que mejora la transmisión de calor y además la limpia mejor de restos de aceite.

3.6.4. COMPRESORES

El compresor es el elemento del circuito frigorífico encargado de aspirar los vapores producidos por la evaporación del fluido frigorígeno en el evaporador a una presión débil, correspondiente a las condiciones de funcionamiento, y descarga en el condensador a una presión suficientemente alta para que el fluido condense a la temperatura de las fuentes naturales (aire, agua).

3.6.4.1. TIPOS DE COMPRESORES

Los compresores frigoríficos pueden clasificarse de acuerdo con dos criterios, el primero de índole constructivo en compresores de pistones, también llamados alternativos, o los compresores rotativos, dentro de los cuales se encuentran los de paletas, los de excéntrica y los de tornillo. El segundo criterio responde a su hermeticidad respecto de posibles fugas del fluido frigorífico, existiendo los compresores herméticos, los semiherméticos, y los abiertos.

Según su construcción

1) *Compresores de pistones o alternativos*

Estos equipos están compuestos por uno o varios pistones que se mueven alternativamente dentro de los correspondientes cilindros, llevando en su cabeza una válvula de admisión y otra de escape, consiguiendo de este

modo comprimir el gas refrigerante procedente del evaporador y con destino al condensador.

El diagrama presión/volumen del proceso dibuja una figura en forma de trapecio irregular (Figura.3.15. Diagrama de presión-volumen de un compresor de pistón), donde el lado 1 – 2 corresponde a la fase de compresión reduciéndose el volumen y aumentando la presión, permaneciendo ambas válvulas cerradas, seguida del lado 2 – 3 donde se produce la descarga del gas comprimido a través de la válvula de escape que permanece abierta. Invirtiendo el movimiento del pistón con ambas válvulas cerradas, se produce un vacío según el lado 3 – 4 del diagrama, para abrirse la válvula de admisión y permitir una nueva entrada de gas refrigerante en el cilindro según el lado 4 – 1, para iniciarse de nuevo el ciclo de trabajo.

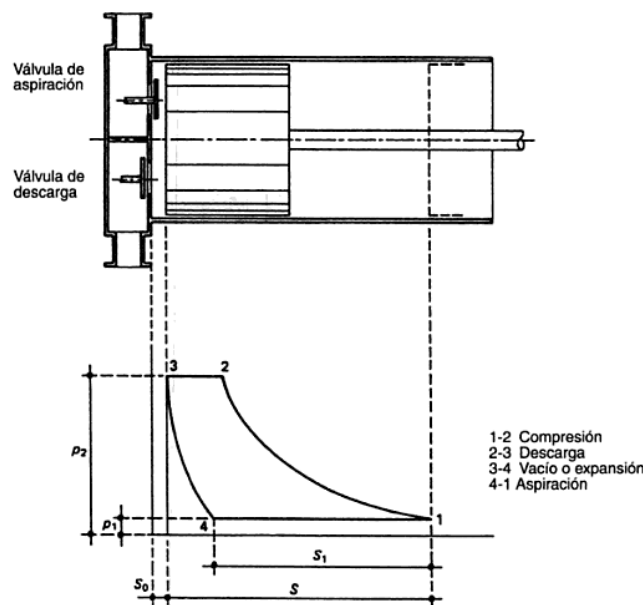


Figura.3.15. Diagrama de presión-volumen de un compresor de pistón

El pistón en su punto más alto siempre deja un espacio entre la culata y él mismo, que puede ser del 3 a 8% de la máxima capacidad en su punto más bajo para compresores grandes, y del 5 a 15% en los de pequeño tamaño.

La regulación de capacidad de los compresores de pistones, que permite regular el caudal de fluido que circula por el circuito frigorífico se puede hacer por los siguientes métodos:

- Inutilizando uno o varios cilindros por apertura total de sus válvulas.
- Variando la velocidad del motor, entre una gama de velocidades desde 500 a 600 r.p.m. como mínimo, hasta una velocidad máxima de 2900 r.p.m.

Cuando la relación de compresión es superior al valor de 8, entonces la compresión se debe realizar en dos escalonamientos o etapas, haciéndose por medio de dos compresores, uno de baja presión (precompresor o “booster”) y otro de alta presión, o bien asignando a determinados cilindros de un solo compresor la primera y segunda compresión.

2) *Compresores rotativos*

Los compresores rotativos son compresores volumétricos, ya que la compresión de los vapores aspirados se obtiene dentro de un recinto de volumen variable. El elemento compresor puede ser de émbolo o de paletas, y se encarga de reducir el volumen del espacio comprendido entre el cilindro estator y el elemento mecánico que lo complete.

Estos compresores son de movimiento continuo, lo que permite hacerlos girar a velocidades mayores que los compresores alternativos.

Se pueden utilizar tanto con todos los refrigerantes del tipo fluorcarbonados como con amoniaco.

Estos compresores se fabrican en todas las potencias y puede conseguirse un vacío muy grande ya que su espacio perjudicial es prácticamente despreciable.

En comparación con los compresores de pistón, los compresores rotativos son compactos, de construcción sencilla y con menos piezas. Además, los

compresores rotativos tienen un excelente coeficiente de rendimiento y eficiencia.

Sin embargo exigen una gran precisión en la fabricación, ya que no contienen juntas entre la alta y baja presión, por esta razón su campo de aplicación es la media presión. Otro inconveniente es que exigen una gran resistencia al desgaste entre las piezas en contacto, por eso el engrase tiene en estos compresores una gran importancia y se realiza a presión.

Los compresores rotativos fundamentalmente son:

- Compresores de paletas.

Los compresores de paletas están constituidos por un rotor ranurado con varias paletas que se instalan a distancias iguales, introducido dentro de un cilindro de tal forma que en todo momento mantenga una generatriz común con éste

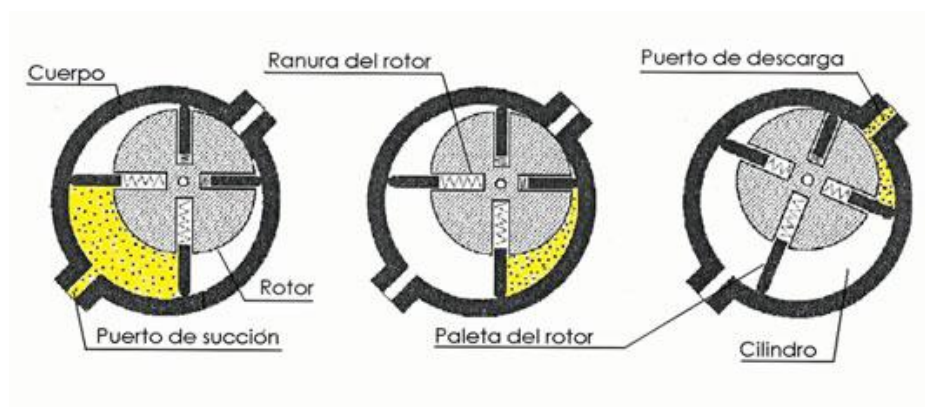


Figura.3.16.Compresor de paletas

Dichas paletas se mantienen constantemente apoyadas en el cilindro por medio de resortes, y en determinados momentos merced a la fuerza centrífuga desarrollada en la rotación.

El refrigerante procedente del evaporador pasa a través del orificio de aspiración o de succión, llenando el espacio comprendido entre el cilindro, el rotor y las dos paletas contiguas. Al girar el rotor, se va reduciendo el

volumen de refrigerante comprimiéndose hasta llegar al final de la vuelta, descargándose entonces el gas comprimido por el orificio de descarga o de compresión hacia el condensador.

Este tipo de compresores rotativos requiere el uso de válvulas de control en la línea de aspiración o de descarga, para evitar que el refrigerante de descarga regrese a través del compresor y de la tubería de aspiración al evaporador cuando el compresor está parado.

- Compresores de excéntrica.

Consta de un rodillo cilíndrico de acero que gira sobre un eje excéntrico, montado éste concéntricamente con un cilindro. Debido al eje excéntrico, el rodillo cilíndrico toca sólo al cilindro a lo largo de una generatriz.

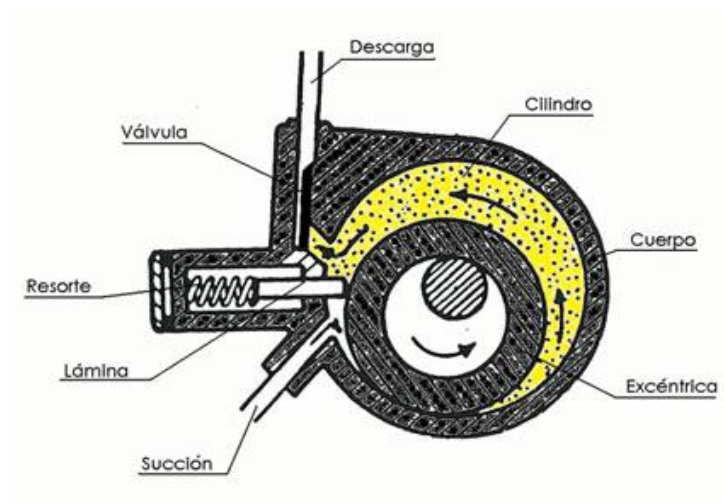


Figura.3.17. Compresor de excéntrica

Al girar el eje, el rodillo se desliza alrededor de la pared del cilindro, en la dirección del sentido de giro del eje, manteniendo siempre contacto con la pared del cilindro.

Una paleta, montada en una ranura en la pared del cilindro, está siempre en contacto con el rodillo obligada por un resorte. La paleta se mueve hacia

dentro o hacia fuera en su ranura de alojamiento, según va girando el rodillo. Esta paleta establece la separación entre la aspiración y la descarga.

Cuando el rodillo está tangente al cilindro en el lugar de la paleta, todo el espacio comprendido entre el rodillo y el cilindro se llena de gas procedente del evaporador. Este espacio va disminuyendo de volumen a medida que el rodillo gira y la descarga se efectúa cuando el rodillo está tangente al cilindro sobre el orificio de descarga.

En el paso de descarga existe una válvula de tipo de lengüeta que evita que el gas comprimido regrese a la cámara del cilindro. Hay que resaltar que en este tipo de compresor la aspiración se hace de una manera continua.

- Compresores de Tornillo

Llamados también helicoidales por la forma en hélice de sus rotores, se utilizan para la obtención de potencias frigoríficas muy elevadas.

No emplean válvulas de aspiración ni de descarga, y la compresión del refrigerante evaporado se obtiene en el espacio resultante entre los engranajes helicoidales de igual diámetro exterior montados dentro de un cárter de fundición de alta resistencia.

Estos compresores deben ir provistos de separadores de aceite eficaces, ya que el enfriamiento se realiza por inyección de aceite en las diversas partes de la misma, el cual, naturalmente, se mezcla con el refrigerante aspirado. La inyección de aceite permite aumentar considerablemente la estanqueidad interna del engranaje y alcanzar relaciones de compresión de 1:20.

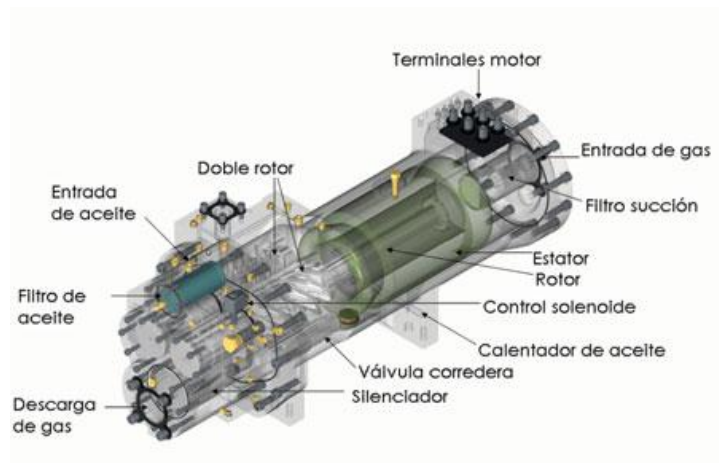


Figura.3.18. Compresor de tornillo

Según su hermeticidad

1) Herméticos

Los compresores herméticos, también llamados cerrados, son equipos donde el motor y el compresor están encerrados herméticamente dentro de una carcasa generalmente metálica, que impide cualquier posible fuga hacia el exterior del fluido frigorífico. Se restringe su uso a equipos frigoríficos de pequeña potencia, no superior a los 30 kW, donde la carcasa nunca supera los 500 mm de diámetro. Se utilizan principalmente para la refrigeración doméstica y comercial de pequeña potencia.

Estos compresores presentan una serie de inconvenientes:

- Refrigeración deficiente del motor.
- Dificultades de mantenimiento y reparaciones.
- Recalentamiento del fluido frigorígeno y contaminación por residuos del quemado del devanado de motor.
- Imposibilidad del uso de amoníaco como fluido refrigerante por la presencia de cobre del motor.

2) Semiherméticos y abiertos

Los compresores abiertos y semiherméticos están formados por dos conjuntos, donde la carcasa del motor se une a la del compresor por medio de una junta atornillada, o bien consiste en una carcasa monobloque que contiene ambos elementos, con tapas en los extremos y culatas desmontables, pudiendo situarse el estator del motor eléctrico en el exterior de la carcasa para evitar el contacto de los devanados de cobre con el fluido frigorígeno. Este tipo de compresores no presentan los inconvenientes señalados para los herméticos, pero las fugas de fluido refrigerante pueden llegar a ser importantes. Se utilizan para la refrigeración industrial de mayor potencia.

3.6.5. CONDENSADORES

El condensador es el componente del equipo frigorífico encargado de licuar los vapores de refrigerante, a alta presión, procedente del compresor. Su fin esencial consiste en el traspaso del flujo calorífico del fluido frigorígeno al medio ambiente.

El medio de condensación ha de ser capaz de tomar del gas refrigerante todo el calor que contiene, que es igual a la suma de calor absorbido en el evaporador y el correspondiente al trabajo mecánico de compresión.

El condensador es, en suma, un intercambiador de calor.

Se pueden distinguir tres zonas dentro del condensador:

- **Zona de enfriamiento:** En esta zona se produce el enfriamiento de los vapores desde la temperatura del vapor recalentado hasta la temperatura de condensación (eliminación de calor sensible). Esta fase es muy rápida debido a la gran diferencia de temperatura que existe y se efectúa generalmente en la primera cuarta parte del condensador.
- **Zona de condensación:** En esta zona se produce la cesión de calor latente de condensación a temperatura constante. Esta cesión de calor

es muy lenta y necesita las dos cuartas partes siguientes del condensador. Para que esta cesión se realice es necesario un salto de temperaturas importante entre el fluido y el medio de condensación.

- **Zona de subenfriamiento:** En esta zona se produce el enfriamiento del líquido desde su temperatura de condensación hasta la temperatura deseada (líquido subenfriado). Este enfriamiento se realiza en la última cuarta parte del condensador.

El enfriamiento que se consigue es función del salto térmico entre el refrigerante y el medio de condensación.

3.6.5.1. TIPOS DE CONDESADORES

Los condensadores se pueden clasificar según la proporción de calor intercambiado (sensible y latente) como:

- De calor sensible:
 - De aire:
 - Circulación natural.
 - Circulación forzada.
 - De agua:
 - De inmersión.
 - De doble tubo a contracorriente.
 - Multitubulares.
- De calor latente:
 - Atmosféricos:
 - Multitubulares verticales.
 - De lluvia.
 - De lluvia a contracorriente.
 - De evaporación forzada:

- Condensadores evaporativos.

Además, los condensadores se pueden clasificar en función del medio refrigerante empleado:

- o Condensadores enfriados por agua.
- o Condensadores enfriados por aire.
- o Condensadores evaporativos (combinación de ambos).

En los dos primeros se produce el enfriamiento a expensas de un aumento de calor sensible del medio condensante, mientras que en el tercero se realiza gracias al calor latente de vaporización del agua, fenómeno que se favorece mediante corrientes de aire. A continuación se describen estos tres últimos tipos de condensadores.

Condensadores refrigerados por agua

El agua, absorbe el flujo calorífico del refrigerante, traduciéndose en un calentamiento del agua que sirve para condensar el fluido refrigerante.

Este calentamiento condiciona el caudal de agua que debe proporcionarse al condensador, y como su coste por metro cúbico es relativamente elevado, puede parecer interesante disminuir el caudal de agua necesario para la condensación, siempre que se acepte un calentamiento más alto a fin de reducir los gastos de consumo del agua. La contrapartida de esta economía será la elevación de la temperatura de condensación del fluido frigorígeno y, correlativamente, un descenso del rendimiento global de la instalación. Por consiguiente, es necesario adoptar una solución de compromiso y, de acuerdo con el coste del metro cúbico de agua, debe mantenerse un calentamiento comprendido entre 7°C y 12°C. Este problema de limitación del caudal no se presenta en el caso del condensador de aire, donde podemos disponer gratuitamente de éste.

Los condensadores de agua ofrecen en su realización más diversidad que los condensadores de aire y, teniendo en cuenta la naturaleza de los dos

fluidos presentes, los coeficientes globales de transmisión térmica son mucho más elevados que en los condensadores de aire. Por consiguiente, a capacidad calorífica igual, serán mucho menos voluminosos que los condensadores de aire.

Los principales atributos de los condensadores enfriados por agua son su solidez y su elevado poder de transmisión de calor. Como inconvenientes principales presentan la formación de incrustaciones, la corrosión y el riesgo de congelación.

Los más utilizados son los condensadores horizontales (*Figura.3.19. Condensador horizontal multitubular refrigerado por agua*), que llevan una carcasa y cabezales de acero, conteniendo en su interior un haz de tubos aleteados y construidos en cobre para mejorar la transmisión de calor. El fluido refrigerante entra por la parte superior de la carcasa, encontrándose con el haz de tubos enfriados por el agua que circula en su interior, y condensándose por la parte exterior de los tubos, cayendo hacia la parte inferior del aparato.

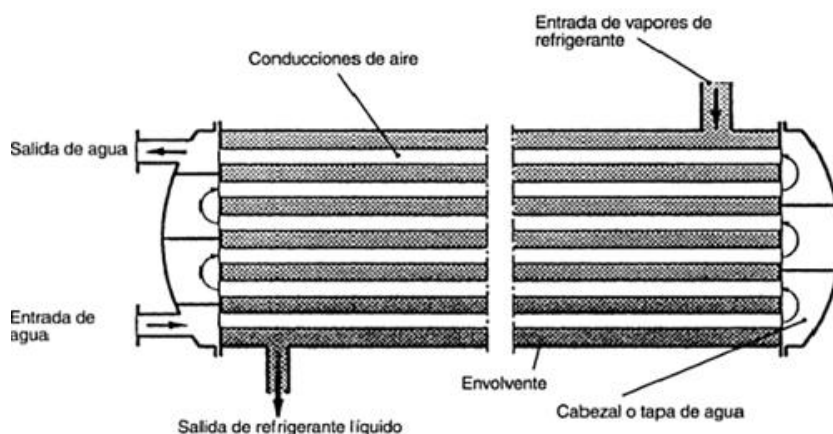


Figura.3.19. Condensador horizontal multitubular refrigerado por agua

El agua de refrigeración puede hacerse en la modalidad de “agua perdida”, tomándola de aquellos lugares donde el agua es abundante, siendo una vez

utilizada devuelta a su origen en las mismas condiciones, pero con una temperatura ligeramente mayor. La otra alternativa más común, es trabajar en la modalidad de “agua recuperada”, donde ésta se recicla refrigerándola en un aparato conocido como torre de refrigeración o de recuperación (*Figura.3.20.Vista exterior de una torre de refrigeración de agua y Figura.3.21.Esquema de una torre de refrigeración*). En estas torres, el agua caliente procedente del condensador entra por su parte superior, cayendo a través de un relleno que tiene por misión retener el agua en su caída y con una corriente de aire circulando en sentido contrario, del orden de 100 a 150 m³/hora. La evaporación del agua debida a su calor latente, enfría el agua sobrante acumulándose en la parte inferior de la torre, donde una bomba la devuelve al condensador. Las pérdidas de agua son compensadas con un nuevo aporte, estimándose unas mermas de 0,002 litros de agua por cada kcal/hora.



Figura.3.20.Vista exterior de una torre de refrigeración de agua

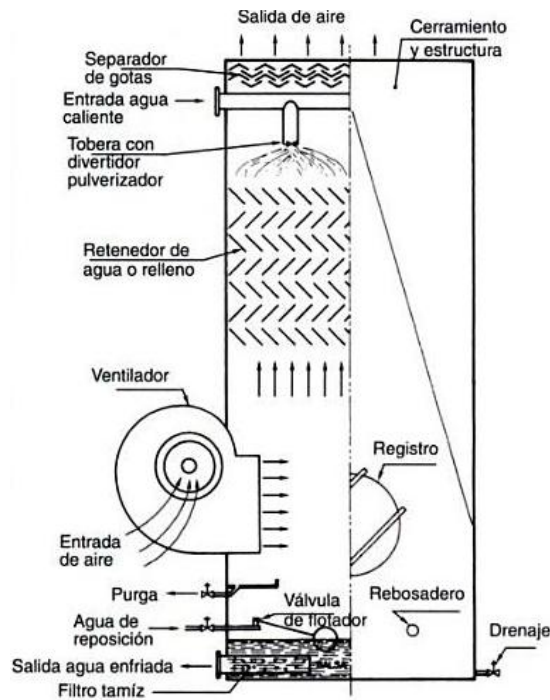


Figura.3.21. Esquema de una torre de refrigeración

Las torres de refrigeración necesitan un mayor mantenimiento por las incrustaciones que se producen, sobre todo cuando se utilizan aguas duras, o bien por la formación de algas en el circuito de agua, además de la peligrosidad añadida debida al cultivo de microorganismos patógenos para la salud humana, como por ejemplo la bacteria Legionella, añadiéndose estos inconvenientes a los anteriormente citados. Esto hace que la condensación por agua se utilice cada vez en menos instalaciones.

Condensadores refrigerados por aire

Constan de unas conducciones en forma de serpentín por donde circulan el fluido refrigerante a condensar, siendo enfriado por una corriente de aire.

Los principales factores a favor de los condensadores enfriados por aire son: economía de agua, facilidad de instalación, seguridad, escaso mantenimiento (25% del de los enfriados por agua), útiles en casos de altos costes de agua y bajos costes de energía eléctrica, adecuados en casos de

aguas duras y/o corrosivas, y para climas húmedos pero no muy cálidos, y facilidad para obtener elevados intercambios con aletas eficaces.

Como inconvenientes se le atribuyen: mala transmisión de calor, temperaturas de condensación altas, y costes reales de instalación y funcionamiento elevados.

Según como se consiga la circulación del aire sobre el condensador, se clasifican en condensadores de convección natural, los cuales ya no se utilizan más que en refrigeradores domésticos de muy pequeña capacidad y en condensadores de convección forzada, por la acción de un ventilador. En este último caso la velocidad del aire oscila entre 3 y 10 metros/segundos. La superficie exterior de los tubos se aumenta mediante un aleteado, con una separación entre aletas de 1 a 2 mm, siendo conveniente limpiarlas periódicamente para mantener el rendimiento del circuito de frío y no consumir energía en exceso.

En la actualidad son los condensadores más utilizados por su sencillez y mantenimiento.

Condensadores evaporativos

Son aparatos que combinan en un solo conjunto un circuito de condensación de fluido refrigerante y una torre de refrigeración de agua.

Es un condensador atmosférico con circulación forzada de agua y flujo de aire.

Constan en esencia de un condensador de tubos con aletas, en el que la entrada del refrigerante es por la parte superior y la salida por el fondo del condensador.

Este condensador va instalado en el interior de una caja, que tiene una entrada para aire, por una de las partes laterales inferiores y una salida para aire en el techo.

La parte baja de la caja está formada por un recipiente para agua, cuyo nivel se mantiene constante gracias a una válvula flotador.

El agua es tomada desde el recipiente, y por medio de una bomba es conducida a unas toberas pulverizadoras colocadas sobre el condensador.

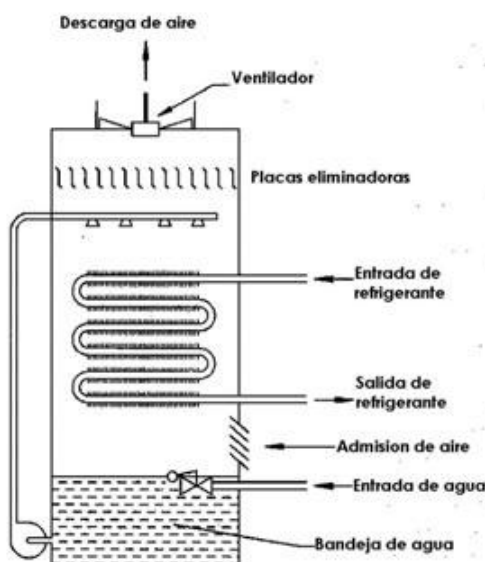


Figura.3.22. Condensador evaporativo

Sobre las toberas van colocadas unas placa eliminadoras, que impiden que el agua pueda ser arrastrada por el aire.

En el techo de la caja, y en el orificio de salida, hay un electroventilador que provoca una ventilación forzada de éste.

El funcionamiento de este tipo de condensadores es el siguiente:

El aire que entra por la parte inferior del aparato es aspirado por el ventilador y obligado a atravesar los serpentines de condensador, para ser expulsado por la parte superior.

El agua bombeada desde el recipiente situado en la parte inferior cae en forma de lluvia contra el aire que atraviesa los serpentines.

Separadores adecuados impiden que el agua sea arrastrada por el aire.

El agua absorbe el calor cedido por el fluido refrigerante a través de los serpentines del condensador en forma de calor sensible, elevando su temperatura.

El aire, al atravesar la cortina acuosa, absorbe algo del agua que rocía los serpentines, llevándose como calor latente el calor absorbido por el agua.

Este tipo de condensador presenta la ventaja de reducir el elevado consumo de agua de condensación que presentan los condensadores refrigerados por agua. Presenta los mismos inconvenientes señalados en las torres de recuperación de agua. Aunque el mayor inconveniente que presenta este tipo de condensadores es su elevado coste.

3.6.6. PRINCIPALES ELEMENTOS DE REGULACIÓN Y ACCESORIOS

Elementos de regulación

1) Válvulas de regulación

Su función es regular el caudal de líquido refrigerante desde la línea de líquido al evaporador a una velocidad compatible con la vaporización del líquido que está ocurriendo en el evaporador. Otra función es la de mantener una diferencia de presiones alta y baja del sistema para permitir que el refrigerante se vaporice bajo las condiciones de presión más baja existentes en el evaporador mientras que el proceso de condensación ocurre a la alta presión del condensador.

Existen básicamente siete tipos básicos de controles de flujo de refrigerante:

- Válvula de expansión manual.
- Válvula de expansión automática.
- Válvula de expansión termostática.
- Tubo capilar.

- Válvula de flotador de alta y baja presión.
- Válvula de solenoide.
- Válvula de expansión electrónica.

2) Presostatos

Son aparatos de seguridad o regulación de funcionamiento, del tipo todo o nada. Constan, en esencia, de un interruptor eléctrico accionado por la presión.

El presostato establece o interrumpe un circuito eléctrico cuando la presión controlada alcanza uno de los valores límites definidos por el diferencial del aparato.

En la industria frigorífica se utilizan:

- Presostatos de baja.

El presostato de baja controla la presión de aspiración pudiendo ser un órgano de regulación o de seguridad. Dicho presostato interrumpe el circuito cuando la presión de aspiración disminuye por debajo de un determinado valor.

- Presostatos de alta.

El presostato de alta controla la presión de impulsión o descarga, interrumpiendo el circuito cuando el valor de dicha presión se eleva por encima de uno determinado.

- Presostatos combinados.

El presostato combinado controla las presiones de aspiración y descarga. Es un elemento de seguridad.

- Presostatos de aceite.

El presostato de aceite es un órgano de seguridad que consiste en un presostato diferencial temporizado que controla la lubricación del

compresor, deteniendo el funcionamiento del mismo, después de un tiempo de retardo bien definido, en el caso de falta de aceite. Después de un accionamiento, queda bloqueado, debiendo rearmarse manualmente.

3) Termostatos

Son aparatos de regulación de temperatura, de funcionamiento todo o nada, que básicamente son interruptores eléctricos accionados por temperatura. Constan de un bulbo que contiene un gas cuyo volumen varía en función de la temperatura, esta dilatación mediante el correspondiente sistema de transmisión cambia la posición del contacto eléctrico.

Existen diferentes tipos:

- Termostato ambiente.

Controlan la temperatura del medio a enfriar, ya sea aire, agua o cualquier otro fluido.

- Termostato de control.

Se utilizan para detectar valores anormales en temperaturas de descarga, aspiración o para controlar recalentamientos.

- Termostato fin de desescarche.

Se utiliza para detectar el fin del proceso de desescarche en los evaporadores.

Accesorios

1) Separador de aceite

El separador de aceite (*Figura.3.23. Separador de aceite*) es un dispositivo diseñado para separar el aceite lubricante del compresor del refrigerante antes que entre a otros componentes del sistema, también produce efecto de

silenciador reduciendo las pulsaciones del gas en la descarga del compresor.

Se coloca en la descarga del compresor lo más cercano posible a éste.

Su funcionamiento es el siguiente:

Cuando el gas a alta presión entra en el separador se golpea contra una pared desprendiéndose el aceite del gas. Después entra en una cavidad donde el gas pierde velocidad para evitar que se lleve el aceite. Se hace pasar el gas por otra cavidad en forma de malla, donde obligamos al gas a continuos cambios de dirección donde se acaba de desprender el aceite.

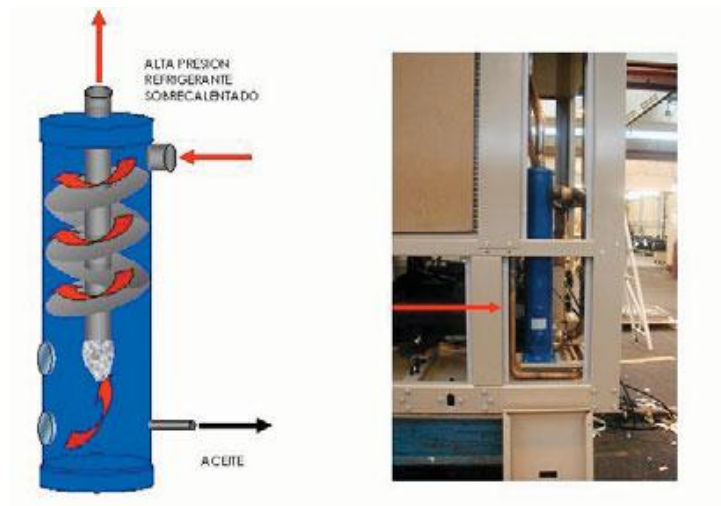


Figura.3.23. Separador de aceite

2) Depósito de líquido

Es un recipiente que almacena el líquido refrigerante. Se monta debajo del condensador, permitiendo que el líquido procedente de éste desagüe libremente en él, con lo que se evita que rodee el líquido los tubos de enfriamiento del condensador, reduciendo la superficie de condensación. Para largos períodos de parada o en manipulación sobre el circuito, la carga completa de refrigerante puede almacenarse en el depósito.

3) Filtro deshidratador

Durante el proceso de instalación, ensamblaje, carga de refrigerante o de aceite existe la posibilidad que entren contaminantes en el sistema frigorífico. Entendemos por contaminantes aquellas sustancias presentes en los sistemas de refrigeración sin ninguna función útil y que son perjudiciales para el funcionamiento de los componentes.

El refrigerante y el aceite deben mantenerse libres de contaminantes y humedad a lo largo de todo el ciclo, para evitar que se produzcan problemas de funcionamiento en la válvula de expansión, tubo capilar o compresor, por tanto antes de la puesta en marcha de de la instalación debe eliminarse la humedad por vacío, durante el funcionamiento y para asegurar el funcionamiento óptimo se debe recoger y almacenar suciedad y humedad mediante filtros.

Para detectar la humedad se coloca un detector de humedad, el cual lleva un visor formado por sal de cobalto que es una sustancia que tiene la particularidad que cambia de color al absorber humedad. A parte el visor nos permite ver la carga de refrigerante de la instalación.

Los principales efectos de los contaminantes sólidos son:

- Rayar las paredes de los cilindros y los cojinetes.
- Obstrucción de la válvula de termo expansión o del tubo capilar.
- Alojarse en el devanado del motocompresor y actuar como conductores, creando corto circuito.
- Depositarse en los asientos de las válvulas de succión o descarga, reduciendo significativamente la eficiencia del compresor.
- Tapar los orificios de circulación de aceite en las partes móviles del compresor, provocando fallas por falta de lubricación.
- Servir como catalizadores (aceleradores) de la descomposición química de refrigerante y aceite.

La entrada de humedad en el sistema ocasiona:

- Formación de hielo en la válvula de termo expansión, en el tubo capilar o el evaporador, restringiendo u obstruyendo el flujo de refrigerante.
- Oxidación y corrosión de metales.
- Descomposición química del refrigerante y del aceite.
- Corrosión.
- Daño químico al aislamiento.
- Hidrólisis del refrigerante formando ácidos y agua.
- Polimerización del aceite, descomponiéndose en otros contaminantes.

Los filtros deshidratadores están formados por un recipiente relleno de una sustancia deshidratadora en forma de pequeñas bola, situadas entre dos rejillas comprimidas por un muelle que impida el movimiento y por lo tanto su erosión.

Existen básicamente dos tipos de filtro deshidratador:

- Los que se descomponen, que son bastante absorbentes pero tienen el inconveniente que se descomponen cuando se saturan.
- Los que no se descomponen; (silicagel, etc), Estos cuando se saturan no se descomponen, simplemente no aceptan más humedad. Son los que más se emplean y tienen sentido de circulación (circulando el fluido refrigerante en sentido descendente).

Estos últimos tienen mayor capacidad filtrante cuando más baja es la temperatura.

4) Visores de líquido

Son una ayuda conveniente para cargar el sistema con refrigerante. Se trata de una conexión corta y transparente que permite ver el flujo del refrigerante.

Situado antes de la válvula de expansión, muestra por la presencia o ausencia de burbujas de vapor si el sistema tiene suficiente carga de refrigerante.

En los compresores, sobre todo en los de cierta capacidad, se incorporan en el cárter visores de cristal que permiten vigilar desde el exterior el nivel de aceite.

Se emplean también en los recipientes de líquido para poder tener así una indicación del nivel de refrigerante líquido.

3.6.7. CONDUCCIONES

Tienen por misión unir los diferentes componentes de la instalación frigorífica, debiendo cumplir los siguientes requisitos:

- No producir pérdidas de cargas demasiado elevadas.
- No producir excesivas pérdidas térmicas, sobre todo en la zona de baja temperatura.
- Permitir el retorno de aceite hacia el compresor.
- No originar retenciones de líquido.

En el circuito frigorífico las conducciones se dividen en cuatro tramos, debiendo tener cada uno de ellos las siguientes características particulares:

- **Tuberías de descarga.** Esta conducción une el compresor con el condensador, siendo los vapores descargados calientes y a una velocidad de 5 a 20 metros/segundos para arrastrar fácilmente el aceite. Cuando el condensador se sitúa por encima del compresor, la tubería debe estar sifonada para almacenar aceite y evitar una acumulación de éste en el compresor.
- **Tubería de líquido.** Esta conducción une el condensador con el recipiente acumulador de fluido frigorígeno, debiendo circular éste a una velocidad ente 0,2 a 0,4 metros/segundos.

- **Tubería de alimentación de líquido.** Esta conducción une el recipiente acumulador de líquido con la válvula de expansión termostática. El fluido se encuentra subenfriado y en este tramo no deben existir vaporizaciones que alterarían el funcionamiento de la válvula, por lo que debe estar bien aislada, su pérdida de carga será muy pequeña, y debe estar situada en un tramo horizontal para evitar diferencias de presión. La velocidad de circulación del líquido estará por debajo de 1 metro/segundo.
- **Tubería de aspiración.** Esta conducción une el evaporador con el compresor, circulando el fluido en forma de vapor frío, por lo que deben tomarse ciertas precauciones para separar y recoger el aceite, devolviéndolo rápidamente al compresor. En primer lugar, la velocidad de circulación debe ser rápida, del orden de 6 a 25 metros/segundo, para arrastrar el aceite depositado en las paredes del evaporador y mejorar su eficacia de intercambio térmico. En segundo lugar, la línea de aspiración debe estar situada por encima del evaporador, colocando en este tramo un sifón que retenga el aceite separado del fluido frigorígeno, e incluso repartir la aspiración en dos conducciones ascendentes.

3.7. SISTEMA DE CONDUCCIÓN E IMPULSIÓN DE FLUIDOS

3.7.1. SISTEMA DE CONDUCCIONES DE FLUIDOS

El transporte de los vinos entre depósitos u otros elementos de la bodega es una operación que se realiza con frecuencia, por lo que ésta debe ser racionalizada, utilizando generalmente tuberías por donde discurre el vino, impulsándolos en la mayor parte de las ocasiones por medio de bombas y en algunas otras bajo la acción de la gravedad.

Hoy día las conducciones de la industria alimentaría deben ser totalmente accesibles, instalándose para facilitar su manejo a una altura máxima de una persona, y siempre colocadas por el exterior de los paramentos para permitir un mejor mantenimiento. Las instalaciones de conducción de vinos en las bodegas, pueden ser realizadas de tres maneras posibles:

- **Conducciones fijas.** Donde la instalación es amovible, utilizándose casi siempre tuberías rígidas, debiendo diseñarse con mucha atención para permitir la circulación de los vinos en todas las situaciones. Se trata de instalaciones muy cómodas de manejar, con elevado coste, y a las que se debe prestar una gran atención en las operaciones de limpieza y mantenimiento. Se utilizan sobre todo en bodegas de gran tamaño o cuando se deben salvar grandes distancias.
- **Conducciones móviles.** Donde por el contrario las tuberías son flexibles y por lo tanto transportables, tratándose de instalaciones más baratas y polivalentes, más incómodas de manipular, empleándose sobre todo en bodegas pequeñas o cuando se trata de salvar pequeñas distancias. La limpieza de estas conducciones es una operación importante, aunque se realiza con una menor frecuencia por su utilización continuada, lo que impide la acumulación del vino en su interior.
- **Conducciones mixtas.** Donde una parte de la instalación es fija dependiendo de la repetitividad de las operaciones o de las distancias a transportar, y otra parte de la instalación es móvil en función de la

multiplicidad de los trabajos o de las distancias a salvar más reducidas. Esta es la solución ideal para las conducciones de las bodegas, donde en función de los tipos de operaciones a realizar, tendrá mayor o menor peso uno u otro tipo de instalación.

3.7.1.1. NOCIONES GENERALES

Las conducciones para líquidos en la industria alimentaria y por lo tanto también en la enología, deben cumplir los siguientes requisitos:

- Construidas de materiales inatacables por el vino, o por otro tipo de sustancias empleadas en su limpieza y desinfección.
- Nula cesión de sabores u olores extraños a los vinos.
- Elevada resistencia mecánica a las manipulaciones normales de la bodega.
- Instalaciones estancas para evitar fugas de los líquidos, y dispuestas con ligera pendiente para evacuar fácilmente los restos contenidos en su interior.
- Racionalidad en la instalación, utilizando los materiales más adecuados, y empleando la valvulería y accesorios imprescindibles, todo ello con objeto de presentar un costo razonable.
- Paredes interiores lo más lisas posible para evitar resistencias a la circulación, seleccionando el diámetro más adecuado en función de las condiciones de la bodega y también de las velocidades de circulación.
- Utilizar en la bodega el mismo diámetro en todas las conducciones, así como también el mismo tipo de rosca. Empleando preferentemente para las mismas la norma DIN.

Las conducciones deberán poseer un diámetro adecuado, aunque hoy en día se considera que éstas nunca deben ser inferiores a los 50 mm de diámetro interior.

Por otra parte, la velocidad del líquido dentro de las tuberías debe estar en régimen laminar, con valores comprendidos entre 0,7 – 1,5 m/s (*Ver apartado 7. Diseño del sistema de conducciones Anexo nº1: Cálculos Justificativos*), evitando velocidades superiores que pueden hacer entrar al fluido en régimen turbulento, con los inconvenientes que conlleva la formación de remolinos, así como una mayor resistencia a la circulación o pérdidas de carga.

3.7.1.2. CONDUCCIONES FIJAS

Se emplean en instalaciones fijas o mixtas de largo recorrido, utilizándose mayoritariamente el acero inoxidable, y en menos ocasiones los materiales plásticos. Este tipo de conducciones deben instalarse con un desnivel de al menos un 0,5%, para permitir el escurrido de los líquidos que pudieran contener, así como desmontarse mediante juntas roscadas, con el propósito de facilitar las operaciones de limpieza y mantenimiento. Su diámetro debe ser único y acorde con la dimensión estándar fijada para la capacidad de la bodega, empleándose preferentemente roscas redondeadas alimentarias tipo DIN, con atornilladuras estancas por medio de anillo de empaquetadura con perfil de media caña o tórico, y materiales de goma alimentaria o de tipo elástico similar resistente hasta los 200 °C.

Las conducciones de acero inoxidable se construyen casi siempre con la calidad AISI-304, aunque en algunas ocasiones es necesario utilizar el tipo AISI-316, estando simplemente decapadas en su interior y bruñidas por el exterior. Su elevado precio compensa la durabilidad, resistencia, inalterabilidad e higiene de este material, razones por las cuales hacen que hoy día sea considerado como el de mejor calidad para las conducciones que exige la industria alimentaria.

Las tuberías de material plástico son de coste más baratos, con paredes interiores bastante lisas, aunque pueden ser bastante deformables por lo que

exigen mayor cantidad de anclajes que las de acero inoxidable, y en algunas ocasiones pueden ceder al vino sabores extraños.

3.7.2. SISTEMAS DE IMPULSIÓN DE FLUIDOS

Las bombas para transportar y elevar líquidos son una de los equipos más importantes y frecuentes que se pueden encontrar en las bodegas, utilizándose desde el transporte de la vendimia, pasando por el movimiento de vinos en los sucesivos trasiegos entre recipientes, o como medio de alimentación de diversos equipos. Las bombas alimentarias de uso enológico deben cumplir las siguientes condiciones:

- Funcionamiento en régimen continuo, sin choques ni turbulencias.
- Polivalencia en el movimiento de vinos.
- Funcionamiento estanco, impidiendo la total entrada de aire en el vino transportado.
- Capacidad de regulación de caudales y presiones.
- Bomba siempre impulsoras, pero también con capacidad de aspiración o autoaspirantes.
- Fácil de limpiar, sobre todo en su interior sobre los restos de vino.
- Construcción con materiales inertes a los vinos y resistentes frente a posibles corrosiones por los ácidos.

4. DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN DISEÑADA

4.1. BREVE DESCRIPCIÓN DE LA PLANTA

El vino que trata la planta de frío diseñada en el presente proyecto ha sido previamente sometido a un prefiltrado que elimina los coloides protectores que se oponen a la precipitación. Posteriormente el vino es pasado por la planta de frío que en líneas generales consta de un intercambiador de calor de placas, en el que entra el vino a +25°C y sale a -1°C; de aquí pasa a través de un intercambiador de calor de superficie rascada del que sale ya a la temperatura de -6,5°C, ésta temperatura se ha hallado sabiendo previamente la temperatura de congelación (t_c) (*Ver apartado 1. Cálculo de la temperatura de tratamiento del Anexo nº1: Cálculos Justificativos*). Es muy importante la utilización de este tipo de intercambiador ya que a temperaturas muy bajas se libera el soluto (cristales) de la solución y se depositan en las superficies de intercambio y debido al mecanismo de funcionamiento de estos intercambiadores se elimina esa capa de ensuciamiento permitiendo un coeficiente de transferencia de calor relativamente elevado (*Ver apartado 4.3. Intercambiador de calor de superficie rascada de la presente Memoria Descriptiva*).

Posteriormente el vino es enviado a los depósitos instalados, en el interior de la cámara isotérmica, donde permanece por un periodo de siete días a la temperatura de tratamiento. Si la temperatura subiera por cualquier causa durante el tiempo de permanencia en la cámara, habría que pasarlo nuevamente por el refrigerador y, repetir el proceso para tener la certeza de que el vino ha sido estabilizado.

Durante este período se producirá la precipitación de las sales tartáricas (*Ver apartado 2.5.3. Factores que afectan a la solubilización de las sales tartáricas de la presente Memoria Descriptiva*) que se pretende evitar que ocurran en la botella. Estas sales tartáricas se depositan en el fondo de los depósitos.

Pasado este tiempo el vino, pasará a la operación de filtrado con objeto de separar las partes sólidas insolubles. Tras pasar por el equipo de filtración se hace dirigir el vino de nuevo por el intercambiador de calor de placas, donde pasa por un lado el vino estabilizado y filtrado (a baja temperatura) con otro vino a estabilizar (a temperatura ambiente).

El diagrama de flujo de la instalación es el siguiente:

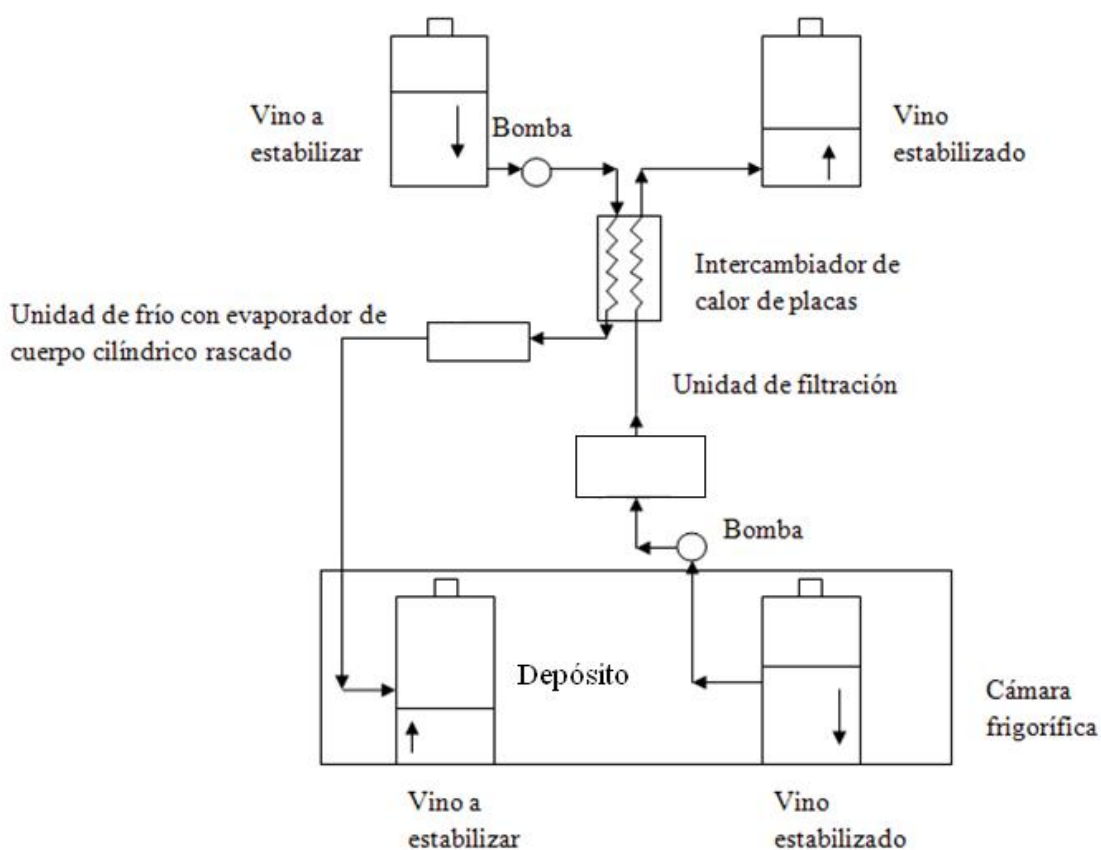


Figura 4.1. Diagrama de flujo de la instalación

4.2. INTERCAMBIADOR DE CALOR DE PLACAS

Las características principales del intercambiador de calor de placas se han descrito en el apartado 3.2. *Intercambiador de calor de placas de la presente Memoria Descriptiva*. En él se redactan las generalidades que caracterizan a este tipo de equipo. A continuación se proporciona los motivos de la elección de dicho equipo en la planta de frío diseñada y se describen las principales características del modelo seleccionado.

4.2.1. SELECCIÓN DEL INTERCAMBIADOR DE CALOR DE PLACAS

La solución adoptada del intercambiador de calor de placas para la planta de tratamiento en frío del presente proyecto presenta las siguientes características.

Se utilizará un intercambiador de calor de placas debido a las múltiples ventajas que ofrecen (*Ver apartado 3.2.4.1. Ventajas del intercambiador de calor de placas de la presente Memoria Descriptiva*) siendo las más destacadas el pequeño área de transferencia necesaria lo que conlleva a un menor coste de inversión, el poco espacio que requieren, la gran adaptabilidad que tiene debido a que se puede desmontar y quitar o poner placas según las necesidades del proceso y un factor muy relevante es que al ser fácil de desmontar se puede limpiar perfectamente manteniendo de esta manera un grado de higiene elevado, siendo ésta necesaria en la industria enológica.

El flujo usado en este equipo será flujo en contracorriente, por presentar un mayor intercambio de calor en esta distribución de flujo. Presentará un único paso.

El intercambiador de calor de placas usado mantendrá unidas las placas mediante juntas (*Ver apartado 3.2.3. Tipos de intercambiadores de calor de*

placas de la presente Memoria Descriptiva), ya que presenta un menor coste que las restantes formas de unión (placas soldadas y semisoldadas) y en el presente proyecto la presión y la temperatura que se alcanzan en estos equipos está muy por debajo de los límites que ofrecen las uniones por juntas.

Por todo ello, el equipo usado en la planta de tratamiento por frío diseñada en el presente proyecto consistirá en un intercambiador de calor de placas con unión mediante juntas, con un flujo en contracorriente y con un solo paso.

4.2.2. CARACTERÍSTICAS DEL INTERCAMBIADOR DE CALOR DE PLACAS SELECCIONADO

La elección del intercambiador de calor de placas para la planta diseñada en el presente proyecto ha sido razonada en el apartado anterior.



Figura.4.2. Perspectiva de la placa delantera del intercambiador de calor de placas FRONTLINE

Se tomó el modelo FRONTLINE-frontal6 de la empresa Alfa Laval como intercambiador de placas para el proyecto (*Figura.4.2.Perspectiva de la placa delantera del intercambiador de calor de placas FRONTLINE*).

La temperatura de diseño del intercambiador de calor de placas es de 150°C y nunca será sobrepasada ya que la máxima temperatura de trabajo es de 25°C. La temperatura máxima admisible dependerá del material de las juntas que evitan las pérdidas de fluido hacia el exterior. El material de la junta es de EPDM-FDA (material de caucho de etileno y propileno) que permite una temperatura de trabajo máxima de 150°C siendo por tanto mayor a la de operación.

Para este modelo el material de las juntas es de EPDM-FDA unidas con presilla sin pegamento, requerimiento imprescindible en el sector alimentario. Además este método de unión facilita su sustitución incluso con las placas colgando en el bastidor.

Las placas y todas las piezas son de acero inoxidable AISI 316.

El espesor de las placas es de 0,50 mm.

Las conexiones poseen un diámetro de 2 pulgadas.

El área del intercambiador de calor será de 5,90 m² y constará de 33 placas térmicas (*Ver apartado 2. Diseño del intercambiador de calor de placas del Anexo n°:1 Cálculos Justificativos*).

4.3. INTERCAMBIADOR DE CALOR DE SUPERFICIE RASCADA

Las características principales del intercambiador de calor de superficie rascada se han descrito en el apartado 3.3. *Intercambiador de calor de superficie rascada de la presente Memoria Descriptiva*. En él se redactan las generalidades que tienen este tipo de equipo. A continuación se proporciona los motivos de la elección de dicho equipo en la planta de frío diseñada y se describen las principales características del modelo seleccionado.

4.3.1. SELECCIÓN DEL INTERCAMBIADOR DE CALOR DE SUPERFICIE RASCADA

Las razones de adoptar como solución este equipo para completar el enfriamiento del vino hasta su temperatura próxima de congelación, desde -1°C a $-6,5^{\circ}\text{C}$ (*Ver apartado 1. Cálculo de la temperatura de tratamiento del Anexo n°:1 Cálculos Justificativos*) recae en que las tecnologías más importantes para la transferencia de calor indirecta usan tubos (intercambiadores de carcasa y tubos) o superficies planas (intercambiadores de placas) (*Ver apartado 3.2 Intercambiador de calor de placas de la presente Memoria Descriptiva*). Su objetivo es intercambiar la máxima cantidad de calor por unidad de área. Algunas soluciones típicas para lograr esto consisten en corrugar los tubos o las placas o extender su superficie con aletas.

Sin embargo estas tecnologías no tienen un funcionamiento óptimo cuando aparece el ensuciamiento. Existen varios tipos de ensuciamiento cuando se enfría el vino hasta la temperatura próxima a su congelación siendo estos principalmente: la precipitación (cristalización) de los tartratos y la posible generación de capas de hielo.

Otro factor que dificulta la transferencia de calor es la viscosidad. Los fluidos altamente viscosos tienden a generar un flujo laminar profundo, que implica tasas de transferencia de calor muy pobres y altas pérdidas de presión requiriendo una potencia de bombeo considerable. La viscosidad aumenta al disminuir la temperatura, por lo tanto la viscosidad del vino disminuirá, pero en nuestro caso la disminución de la misma es insignificante no siendo este el motivo principal de la elección del intercambiador de calor de superficie rascada.

Los intercambiadores de calor de superficie rascada se han diseñado para dar repuesta a los problemas arriba mencionados. Este equipo incrementa la transferencia de calor mediante:

- La eliminación de las capas de ensuciamiento. En el presente proyecto, como se ha mencionado anteriormente, los principales problemas en esta etapa del tratamiento por frío son: la posible formación de cristales de tartratos y la posible generación de capas de hielo. El intercambiador de calor de superficie rascada mediante el uso de las paletas que continuamente limpia la superficie del evaporador evita estos problemas haciendo que la transferencia de calor en estas circunstancias sea mayor en este tipo de intercambiadores de calor que en los restantes.
- El incremento de la turbulencia en caso de flujo altamente viscoso. Lo cual no es el principal problema que presenta el vino en esta etapa.

Por estas razones se ha considerado la instalación de un intercambiador de calor de superficie rascada en el presente proyecto con el objeto de enfriar el vino desde -1°C hasta -6,5°C.

4.3.2. CARACTERÍSTICAS DEL INTERCAMBIADOR DE CALOR DE SUPERFICIE RASCADA SELECCIONADO

La elección del intercambiador de calor de superficie rascada en el presente proyecto se ha justificado en el apartado anterior.

Se eligió el modelo POLAR-60 de la empresa AGROVIN (*Figura 4.3. Intercambiador de calor de superficie rascada Polar-60 (AGROVIN)*). El número 60 hace referencia a la capacidad de enfriar de dicho equipo (60000 frigorías/h). Existen 6 capacidades frigoríficas diferentes para el modelo polar: 10000 frigorías/h, 20000 frigorías/h, 30000 frigorías/h, 40000 frigorías/h, 50000 frigorías/h y 60000 frigorías/h. Se eligió el modelo POLAR-60 por poseer una potencia nominal de 60000 frigorías/h, ya que la necesaria fue calculada obteniéndose un valor de 52157,32 frigorías/h. De esta manera se asegura que el vino sea enfriado hasta la temperatura deseada (*Ver apartado 3. Diseño del intercambiador de calor de superficie rascada del Anexo n°:1 Cálculos Justificativos*).

El equipo es idóneo para tratar: vino, mosto, zumo de fruta, vinagre y líquidos alimenticios en general. Por lo tanto está diseñada para el producto tratado en el proyecto.

El equipo puede operar en todo tipo de ambiente de trabajo, no siendo sensible a la humedad, al polvo, ni a las variaciones de temperatura, y menos aún a los ambientes particularmente corrosivos. Esta construido íntegramente en acero inoxidable.

La temperatura de diseño del intercambiador de calor de superficie rascada es de 35°C y nunca será sobrepasada ya que la máxima temperatura a la que entra el vino en este equipo es de -1°C (corriente de salida del intercambiador de calor de placas).



Figura.4.3. Intercambiador de calor de superficie rascada Polar-60 (AGROVIN)

Las características constructivas son:

- Compresor semihermético, con resistencia de cárter y presostato de aceite.
- Condensador refrigerado por aire con recipiente de líquidos y válvula de seguridad.
- Evaporador de cuerpo rascado con agitador-rascador con motorreductor, válvula de regulación de flujo, mirilla de control, aislamiento de poliuretano y revestimiento exterior con acero inoxidable.
- Circuito frigorífico realizado con tubo de cobre, filtro, electroválvula de solenoide, válvula termostática de expansión y separador de líquido.
- Bastidor único sobre el que está montado todo el equipo, dotado de ruedas para su desplazamiento.

- Incluye la carga del gas refrigerante según normativa europea reglamento 2037/2000 y aceite anticongelable.
- Cuadro eléctrico de 380V/50Hz dotado de seccionador, dos termostatos digitales, mandos, automatismos para el funcionamiento de: compresor, rascador, bomba de vino y ventiladores del condensador. Incluye el control presostático de condensación.

Posee un controlador modelo *EWPC-902* de acción ON-OFF con un único punto de intervención seleccionable (*Figura.4.4. Controlador EWPC-902*).



Figura.4.4. Controlador EWPC-902

El equipo ha sido proyectado para funcionar de manera automática. Está equipado de una serie de elementos de seguridad que, en caso de emergencia, bloquean su funcionamiento. Aunque es aconsejable controlar periódicamente a través de la mirilla de salida que el flujo del producto sea regular.

El número de elementos principales del intercambiador de calor de superficie rascada y la potencia consumida por los mismos son:

- Dos cuerpos rascados, cada uno con una potencia de 3 kW.
- Seis ventiladores, cada uno con una potencia de 0,72 kW.
- Un condensador, con una potencia de 94,5 kW.
- Dos compresores, con una potencia cada uno de 18,5 kW.

El fluido frigorígeno que se utiliza es el R-404A. Está compuesto por tres tipos de refrigerantes, cada uno con una concentración distinta:

- El R-143A, con una concentración del 52%.
- El R-125, con una concentración del 44%.
- El R-134A, con una concentración del 4%.

El circuito del gas consiste en (*Figura.4.5. Recorrido que realiza el fluido frigorígeno en el intercambiador de calor de superficie rascada*):

El fluido frigorígeno sale del compresor (C1) como gas y se dirige hacia el condensador donde es enfriado hasta saturación y condensado totalmente. Después pasa por el filtro deshidratador (para eliminar las partículas no deseadas) y por la electroválvula donde se controla el flujo del fluido. Posteriormente pasa por la válvula termostática donde el vapor conseguirá las condiciones adecuadas para pasar al evaporador.

En este elemento se vaporiza el fluido frigorígeno, al mismo tiempo que se enfría el vino. De este punto el vapor pasará por el separador de aceite y por último pasará por el compresor donde se comprimirá los vapores hasta las condiciones de presión y temperatura del condensador. El compresor también tiene la función de desplazar los vapores hasta el condensador donde comenzará de nuevo el circuito del refrigerante.

Para entrar más en detalle sobre el funcionamiento de cada elemento, ver el apartado 3.6 Equipo frigorífico de la presente Memoria Descriptiva.

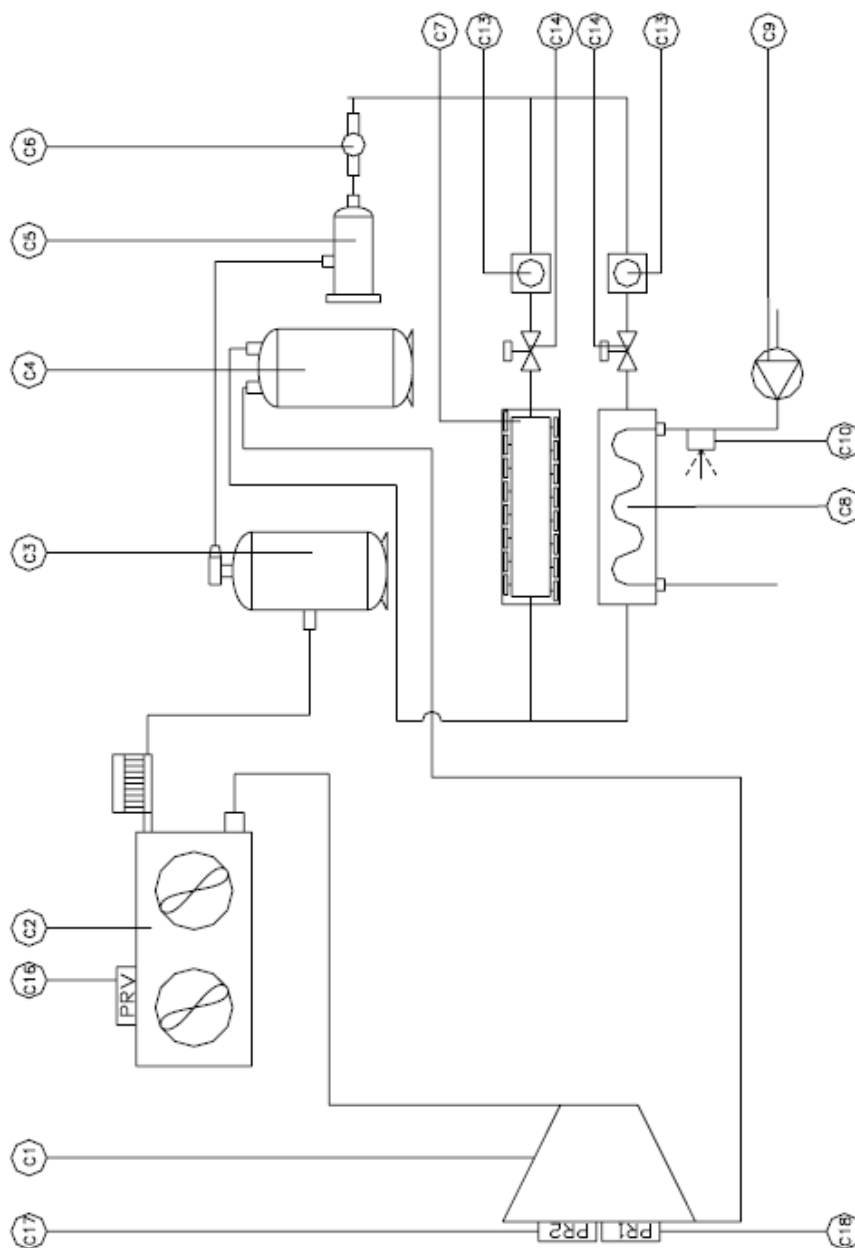


Figura.4.5. Recorrido que realiza el fluido frigorígeno en el intercambiador de calor de superficie rascada

La nomenclatura usada en la imagen anterior es la siguiente:

- C1: Compresor.
- C2: Condensador.
- C3: Receptor de líquido.
- C4: Separador de aceite.
- C5: Filtro deshidratador.
- C6: Indicador de líquido.
- C7: Evaporador de cuerpo rascado.
- C8: Evaporador multitubular de envolvente.
- C9: Bomba.
- C10: Sensor de flujo.
- C13: Electroválvula.
- C14: Válvula termostática.
- C16: Presostato de los ventiladores.
- C17: Presostato doble.
- C18: Presostato.

4.4. DEPÓSITOS DE ACERO INOXIDABLE

Las características principales de los materiales de los depósitos se han descritos en el apartado 3.4. *Depósitos de frío de la presente Memoria Descriptiva*. A continuación se proporciona los motivos de la elección del material para los depósitos existentes en la planta de frío diseñada y se describen las principales características de los mismos.

4.4.1. SELECCIÓN DEL MATERIAL DE LOS DEPÓSITOS

En el presente proyecto los depósitos utilizados son de acero inoxidable ya que presentan múltiples ventajas como por ejemplo la facilidad de limpieza y la no cesión de sabores extraños al vino que esté en su interior. Además destacar la resistencia que posee el acero con respecto a los otros materiales de construcción de los depósitos y la elevada durabilidad de este material sin apenas mantenimiento.

El acero inoxidable usado en este proyecto es el AISI-304. Es un acero que presenta las ventajas expuestas anteriormente teniendo además una elevada resistencia a la corrosión.

No se usará el acero inoxidable AISI-316 por su elevado coste y porque su utilización en este tipo de aplicaciones (construcción de depósitos) se limita al caso de que exista una elevada concentración de anhídrido sulfuroso, caso que no se presenta en el presente proyecto.

La superficie de los depósitos presentara un acabado liso, con el objeto de que los tartratos presentes en el vino no se incrusten en las posibles rugosidades que hubiera. De esta manera se evita la acumulación de tartratos y por tanto una mayor higiene, razón indispensable en las industrias alimentarias.

Por lo tanto los depósitos diseñados en el presente proyecto serán construidos de acero inoxidable AISI-304 y presentaran un acabado liso.

4.4.2. CARACTERÍSTICAS DE LOS DEPÓSITOS DISEÑADOS

Se instalará un total 14 depósitos de forma cilíndrico-elíptica, formados por un fondo con forma elipsoidal, un cilindro y una cabeza elipsoidal. Los depósitos tendrán diferentes capacidades, quedando de la siguiente manera: 10 depósitos de una capacidad por unidad de 66000 litros, 2 depósitos con una capacidad por unidad de 49500 litros y 2 depósitos con una capacidad por unidad de 16500 litros.

Para el diseño de los depósitos se ha utilizado el código ASME sección VIII.

Todos los depósitos están construidos en acero inoxidable AISI-304/2B. Todas las soldaduras irán efectuadas bajo atmósfera inerte de gas argón, por procedimiento automático ARGONAX, por fusión de láminas. El acabado interior y exterior de los depósitos será 2B, con las soldaduras limpias, decapadas y pasivadas.

Los accesorios de los depósitos son los siguientes:

- 1 Equipo de nivel completo.
- 1 Grifo sacamuestra de acero inoxidable de 1/2".
- 1 Codo decantador falso con válvula para descarga parcial NW-65.
- 1 Válvula de desaire 2" de acero inoxidable.
- Puerta superior de acero inoxidable.
- 1 Tubuladura de apure con válvula NW-50.

Las dimensiones de los depósitos son:

Capacidad (L)	66000	49500	16500
Diámetro (m)	3,30	3,00	2,08
Altura del cilindro (m)	6,60	6,00	4,16
Altura total (m)	8,26	7,50	5,20

Tabla 4.1. Dimensiones principales de los depósitos de la planta de tratamiento por frío

Los cálculos se han detallado en el *apartado 4. Diseño de los depósitos del Anexo n°1: Cálculos Justificativos.*

4.5. CÁMARA ISOTÉRMICA

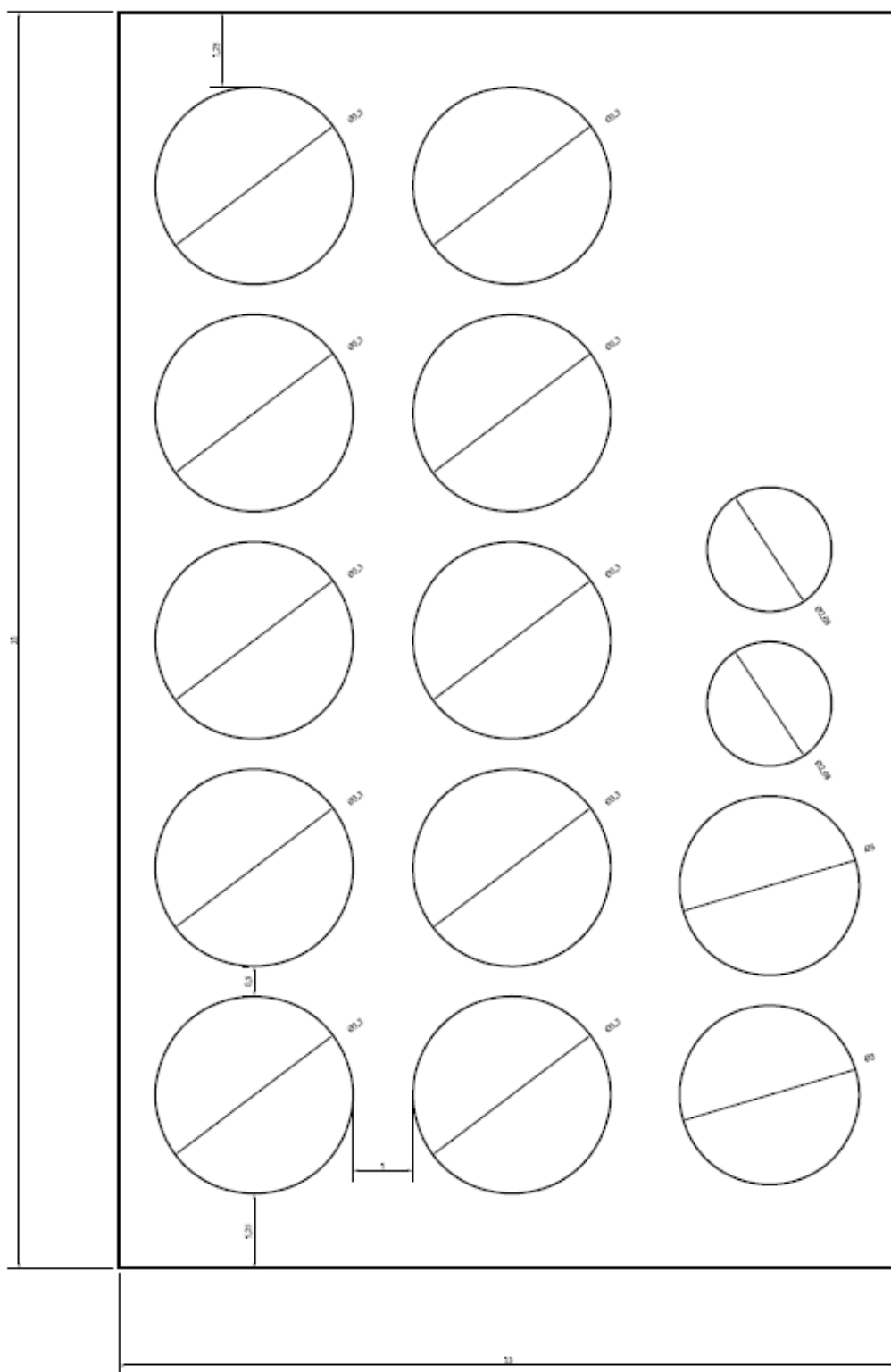


Figura 4.6. Cámara isotérmica

Las dimensiones de la cámara son de: 13 metros de ancho, 21 metros de largo y 10 metros de altura (La cámara ya se encuentra construida, por lo que no es objeto del presente proyecto).

Por lo tanto esto conlleva que el volumen de la cámara isotérmica es de 2730 m³.

4.5.1. BARRERA ANTIVAPOR

Las características principales de la barrera antivapor y las funciones de la misma se han descrito con más detalle en el apartado 3.5.1. *Barrera antivapor de la presente Memoria Descriptiva*. A continuación se describe la selección adoptada en el presente proyecto.

4.5.1.1. SELECCIÓN DE LA BARRERA ANTIVAPOR

Se colocará como solución a la difusión del vapor de agua una barrera antivapor, estando colocada en el lado caliente (parte externa del aislante).

Dada la importancia de esta barrera en el mantenimiento de la temperatura de la cámara se utilizará un material de alta resistencia al vapor ya que si esta barrera no existiera o si no fuese capaz de detener la difusión de vapor podría ocurrir los siguientes fenómenos:

- Pasar el vapor de agua a través del aislamiento, entrar en la cámara frigorífica y depositarse sobre los evaporadores.
- Condensarse el vapor de agua dentro del aislante y tener un efecto negativo en el valor de la conductividad térmica. Dependiendo de la temperatura dentro del aislante, esta agua condensada puede congelar. El hielo también tiene un efecto destructivo sobre el material del aislamiento (posee una mayor conductividad térmica).

Teniendo en cuenta la necesidad de la existencia de dicha barrera y de la importancia de la misma se utilizará la hoja de aluminio de 8 μm , por ser la que presenta una mejor característica.

BARRERA ANTIVAPOR	RESISTENCIA AL VAPOR (mmHg·m ² ·día/g·cm)
Hoja de Aluminio de 8 μm .	347 Excelente.
Lámina de Polietileno de 0,10 mm.	20 Muy buena.
Papel Kraft con oxiasfalto.	0,84 Mediana.

Tabla 4.2. Diferentes barreras antivapor y su característica principal

4.5.2. MATERIAL AISLANTE

En el apartado 3.5.2. *Material aislante de la presente Memoria Descriptiva* se describe con detalle la función del aislante, las características de los mismos, la clasificación y la importancia energética de estos materiales. Se describe en el siguiente apartado la solución adoptada en el presente proyecto.

4.5.2.1. SELECCIÓN DEL MATERIAL AISLANTE

Para mantener la temperatura interior de la cámara isotérmica a la temperatura de $-6,5^{\circ}\text{C}$ (Ver apartado 1. *Cálculo de la temperatura de tratamiento del Anexo n°1: Cálculos Justificativos*), se necesita una capa de un material que posea una baja conductividad térmica con el objeto de evitar la transferencia de calor del interior de la cámara con el ambiente. Es por este motivo por el que se coloca el aislante, porque sin éste las pérdidas de energía serían muy elevadas.

Existen una gran variedad de materiales que se usan como aislantes en la industria (*Tabla.4.3.Principales aislantes y sus propiedades*), cada material presenta unas características diferentes.

La propiedad más importante a la hora de la elección del aislante es la conductividad térmica, teniendo en cuenta siempre el coste del material y que este soporte las condiciones a las cuales va estar sometidos.

La máxima temperatura de trabajo a la cual estará sometido el aislante de la cámara isotérmica del presente proyecto es la temperatura ambiente, por lo que todos los materiales expuestos en la siguiente tabla soportan sin ningún inconveniente la máxima temperatura a la que serán sometidos.

Aislante	Estructura	Conductividad térmica (kcal/m·h·°C)	Resistividad al vapor de agua (mmHg·m²·día/g·cm)	Peso específico (kg/m³)	Máxima temperatura (°C)
Aglomerado de corcho	Celular	0,034	0,08	110	65
Fibra de vidrio	Fibrosa	0,031-0,038	0,007	10-91	250-500
Lana de roca	Fibrosa	0,036-0,040	0,008-0,009	30-150	593-1000
Poliestireno expandido	Celular	0,026-0,049	0,12-0,22	10-25	70
Poliestireno extruido	Celular	0,024-0,028	0,45-0,90	33	85
Poliuretano	Celular	0,020-0,034	0,066-0,166	32-80	140
Espuma elastomérica	Celular	0,029	41,6	60	105
Coquillas de lana de roca	Fibrosa	0,036	0,008-0,009	110-180	500

Tabla.4.3. Principales aislantes y sus propiedades

Las espumas de poliestireno fueron de los primeros aislantes sintéticos. Por su calidad, junto con su precio relativamente bajo, es quizás uno de los aislantes más utilizados. Se caracteriza por su baja conductividad térmica, su resistencia a la compresión y su elevado poder amortiguador, es fácilmente trabajable y puede ser manipulado de forma muy sencilla. Tiene elevada resistencia química a los materiales que se utilizan en la construcción y además posee excelente estabilidad dimensional.

El poliestireno (*Figura.4.7 Poliestireno*) tiene las siguientes propiedades:

- Gran dureza y estabilidad a la forma.
- Relativamente alta fragilidad (sobre todo en los tipos de mayor fluidez).
- Gran rigidez, con alta resistencia a la atracción y baja elongación de rotura.
- Una resistencia a la deformación al calor de aproximadamente 80°C.
- Es transparente en su estado natural (transmisión de aprox. 90 °C) en el rango de la luz visible.
- Superficie brillante.
- No le afecta la humedad.
- Es resistente a las bases, álcalis, soluciones salinas, ácidos minerales así como a los detergentes.
- Es insípido, inodoro, y fisiológicamente inocuo.
- Es fácilmente atacable por la radiación ultravioleta por lo cual se lo debe proteger de la luz del sol
- Posee una alta resistencia a la absorción de agua
- Debido a su combustibilidad se le incorporan retardantes de llama, y se le denomina difícilmente inflamable.



Figura 4.7. Poliestireno

Por su versatilidad y facilidad de conformado, además de sus excelentes cualidades y propiedades, el poliestireno presenta un amplio abanico de aplicaciones:

- Para cubiertas planas en edificaciones industriales como por ejemplo para cámaras frigoríficas.
- Para el aislamiento térmico de suelos.
- Para el aislamiento de techo.

A continuación se menciona las ventajas y/o desventajas de los materiales de aislamientos más usados:

- Con respecto al poliuretano cabe destacar que presenta las desventajas de que puede liberar contaminantes atmosféricos al aire.
- La fibra de vidrio tiene como principal ventaja que es capaz de aguantar temperaturas elevadas aunque en la planta de tratamiento por frío del presente proyecto la temperatura más elevada será la ambiente por lo que esto no es una característica decisiva en este caso y además presenta el inconveniente de liberar partículas cancerígenas y de tener una resistencia a la compresión muy deficiente.
- La lana de roca es capaz de soportar temperaturas muy elevadas aunque en la planta de tratamiento por frío del presente proyecto la temperatura más elevada será la ambiente por lo que esto no es una característica decisiva en este caso.

En el presente proyecto se eligió como aislante térmico de la cámara isotérmica el poliestireno extruido por presentar las propiedades expuestas en este apartado que cumplen los requisitos necesarios para la instalación del presente proyecto ya que soporta las condiciones a las que va a ser sometido y tiene un precio relativamente bajo.

4.5.3. REVESTIMIENTO

Se describen las funciones que realiza este revestimiento en el apartado 3.5.3. *Revestimiento de la presente Memoria Descriptiva*. La solución adoptada se describe en el siguiente apartado.

4.5.3.1. SELECCIÓN DEL REVESTIMIENTO

La solución radica en la elección del material que cumpla las razones mencionadas en el apartado 3.5.3. *Revestimiento de la presente Memoria Descriptiva*. Los materiales más usados son:

- Chapas metálicas de acero galvanizado y lacado.
- Materiales plásticos.
- Resinas de poliéster.
- Enlucidos con morteros de cemento a los que se añaden pinturas lavables y antimohos.

Se utilizará el mortero protegiendo al aislante de los agentes exteriores, dando resistencia mecánica y con el objeto de que sea fácil de lavar, cumpliendo las razones higiénicas.

4.6. EQUIPO FRIGORÍFICO

Las características generales del equipo frigorífico se han descrito en el apartado 3.6. *Equipo frigorífico de la presente Memoria Descriptiva*. En los siguientes apartados se describen la justificación de la selección del equipo frigorífico y se presenta las características del modelo seleccionado.

4.6.1. SELECCIÓN DEL EQUIPO FRIGORÍFICO

En este apartado se desglosa los motivos de la elección de los distintos componentes del equipo frigorífico, destacando también la elección del refrigerante por su elevada importancia.

4.6.1.1. SELECCIÓN DEL REFRIGERANTE

A la hora de elegir el refrigerante se tendrá en cuenta las características físicas, químicas y de seguridad (*Ver apartado 3.6.2. Fluidos refrigerantes de la presente Memoria Descriptiva*). Sobre todo hay que tener especial atención con las características de seguridad, las cuales están regidas por la reglamentación mencionada en dicho apartado.

La empresa TOPAIR a la cual pertenece el equipo utilizado para mantener la refrigeración en la cámara isotérmica de la planta de tratamiento por frío diseñada en el presente proyecto, utiliza como refrigerante el R-407C.

Dicho refrigerante pertenece al grupo requerido (A1) (*Ver Tabla.3.3. Grupo de seguridad y su determinación en función de la inflamabilidad y toxicidad*), y posee las características físicas y químicas requeridas para poder mantener la refrigeración de la cámara isoterma (*Ver 6. Diseño de la instalación de producción de frío del Anexo nº1: Cálculo Justificativos*).

4.6.1.2. SELECCIÓN DEL EVAPORADOR

La descripción detallada de los diferentes evaporadores fue presentada en el apartado 3.6.3. *Evaporadores de la presente Memoria Descriptiva*, por lo que este apartado se centra en la elección del mismo.

El evaporador elegido como mejor solución para mantener la refrigeración en la cámara isotérmica es el evaporador de aire, ya que son los usados para la refrigeración de aire.

Se usará un evaporador de aire por convección forzada porque presenta múltiples ventajas frente al evaporador de aire por convección natural:

- Tiene una forma más compacta.
- Posee un tamaño más reducido, debido a que aumenta el coeficiente de transmisión de calor.
- Es más fácil de instalar en la cámara.
- Se obtiene una temperatura más uniforme debido a la rápida circulación del aire.
- Se puede regular el grado de humedad.

Por lo tanto en el presente proyecto se usará un evaporador de aire de convección forzada para mantener la cámara a la temperatura constante de -6,5°C.

4.6.1.3. SELECCIÓN DEL COMPRESOR

La descripción de los diferentes compresores fue realizada en el apartado 3.6.4. *Compresores de la presente Memoria Descriptiva*, detallando en este apartado los motivos de la elección del mismo.

El compresor usado en el equipo frigorífico es de tipo alternativo, ya que este tipo de compresores son los más difundidos y son válidos para la potencia frigorífica que necesita el proyecto ya que son capaces de proporcionar potencias de hasta 600000 kcal/h (*Ver Tabla.4.4. Rango de*

trabajo de los diferentes tipos de compresores) siendo la potencia necesaria en el presente proyecto mucho menor (Ver 6. Diseño de la instalación de producción de frío del Anexo n°1: Cálculo Justificativos).

Tipo de compresor	Rango potencia (rango temperatura)	Velocidad de Giro	Regulación Potencia
Alternativo	<600.00 frig/h (-40°C/-10°C)	1500-3000 r.p.m	100%-0% excepto los de pistón seco 100%-50%
	600.000 frig/h (-10°C/25°C)		
	200.000 frig/g (-30°C/25°C)		
Rotativo	600.00 frig/h (-40°C/-10°C)	600-2800 r.p.m	100%-50%
Tornillo	2x10 ⁶ frig/h (-10°C/25°C)	3000-30.000 rpm	100%-10%
	10 ⁶ frig/h (-30°C/30°C)		
Centrifugo	24x10 ⁶ frig/h (+1°C/35°C)	3000-25.000 rpm	100%-10%
	2,5x10 ⁶ frig/h llegando a -45°C		

Tabla.4.4. Rango de trabajo de los diferentes tipos de compresores

Según la hermeticidad el compresor hermético presenta la característica de no presentar fugas de fluidos hacia el exterior y además es capaz de suministrar la potencia necesaria ya que es capaz de suministrar hasta 30kW, siendo inferior a este valor la potencia requerida en el presente proyecto.

El tipo de compresor usado en la cámara isotérmica de la planta por tratamiento por frío del presente proyecto es del tipo alternativo y hermético.

4.6.1.4. SELECCIÓN DEL CONDENSADOR

La descripción de los diferentes tipos de condensadores se realizó en el apartado 3.6.5. Condensadores de la presente Memoria Descriptiva, describiendo a continuación los motivos de la elección del mismo.

A la hora de elegir la solución técnica más conveniente en el condensador de la máquina frigorífica que estará situada en la cámara isotérmica de la planta de tratamiento por frío del presente proyecto, se estudiará las ventajas e inconvenientes de los condensadores evaporativos, enfriados por agua y los enfriados por aire.

Los condensadores evaporativos presentan la ventaja de reducir el elevado consumo de agua que presentan los condensadores refrigerados por agua, pero tiene los inconvenientes de que el agua puede provocar incrustaciones en el equipo y que el coste de este tipo de condensadores es muy elevado. Razón por la que se descarta dicho condensador para el presente proyecto.

Los condensadores refrigerados por agua presentan la ventaja de tener un mayor coeficiente de transmisión de calor que los refrigerados por aire, pero presenta las desventajas siguientes:

- No se puede usar un caudal de agua elevado para refrigerar por el coste de la misma.
- Puede presentar formación de incrustaciones, corrosión y riesgo de congelación.
- Si no se recupera el agua de refrigeración, el coste de esta corriente sería muy elevado.
- Si se recupera el agua de refrigeración, se tendría que disponer para tal fin una torre de refrigeración. Además de elevar el coste de la instalación, esta torre de refrigeración plantea el inconveniente de la formación de posibles incrustaciones y de la formación de microorganismos patógenos (*Legionella*).

Los condensadores refrigerados por aire presentan las siguientes ventajas:

- Al utilizar aire como medio para refrigerar, este tipo de condensadores no presenta el coste de agua que presenta los condensadores refrigerados por agua.
- Es muy sencillo de instalar.
- Es seguro, ya que en este caso no hay el riesgo de la formación de microorganismos patógenos.
- Necesita un menor coste de mantenimiento que los condensadores refrigerados por agua, ya que aquí no existe el riesgo de incrustaciones.

- El uso de aletas, hace que se eleve el coeficiente de transmisión de calor.

Como inconveniente presenta la mala transmisión de calor en comparación con el condensador refrigerado por agua, una elevada temperatura de condensación y el coste de instalación más elevado que el condensador refrigerado por agua.

En el presente proyecto se elige como medio para evacuar el calor producido de refrigerar la cámara isotérmica de la planta de tratamiento por frío, el condensador refrigerado por aire descartando los restantes por considerar más graves los inconvenientes citados anteriormente.

4.6.2. CARACTERÍSTICAS DEL EQUIPO FRIGORÍFICO SELECCIONADO

El equipo frigorífico se compone de: Evaporador, compresor, condensador y válvula de expansión. El refrigerante empleado es el R-407C.

Las características principales son:

Evaporador

$$\text{Área} = 82,88 \text{ m}^2$$

Compresor

$$\text{Velocidad del émbolo} = 3,22 \text{ m/s}$$

$$\text{Diámetro del embolo} = 0,069 \text{ m}$$

Condensador

$$\text{Calor cedido} = 26292,86 \text{ kcal/h}$$

$$\text{Área} = 118,01 \text{ m}^2$$

Se detalla la totalidad de los cálculos en el apartado 6. *Diseño de la instalación de producción de frío del Anexo n°1: Cálculo Justificativos.*

El equipo frigorífico elegido es el modelo 081 de la empresa TOPAIR (*Figura.4.8. Equipo frigorífico modelo 081 de la empresa TOPAIR*). Dicho equipo presenta un valor de potencia frigorífica superior al necesario (20,62 kW) (*Tabla.4.5. Modelos y potencia frigorífica de los diferentes modelos de la empresa TOPAIR*) por lo que cumple las características requeridas.

Modelo	081	101	121	141	162	202	242	282	151B	201B
Potencia frigorífica (kW)	22,40	28,80	33,30	38,80	45,00	58,40	68,40	77,00	42,60	48,90

Tabla.4.5. Modelos y potencia frigorífica de los diferentes modelos de la empresa TOPAIR



Figura 4.8. Equipo frigorífico modelo 081 de la empresa TOPAIR

Los componentes principales de dicho equipo son:

- Mueble construido en chapa de aluminio, con acceso por paneles desmontables.

- Compresor de tipo hermético con refrigerante R-407C, con válvulas de servicio en la aspiración y en la descarga, visor de nivel de aceite y válvula de seguridad interna.
- Ventiladores de impulsión y retorno de tipo centrífugo de doble aspiración.
- Ventilador exterior tipo axial.
- Circuito frigorífico en tubo de cobre entre todos sus componentes.
- Presostato de alta y de baja.
- Filtro deshidratador.
- Separador de líquido.
- Desescarche por inversión de ciclo.

Los datos técnicos del equipo son:

Modelo	081
Potencia frigorífica (kW)	22,40
Número de compresores	1
Número de ventiladores interiores	1
Potencia del ventilador interior (kW)	1,10
Potencia del ventilador exterior (kW)	0,63
Número de ventiladores exteriores	2
Potencia absorbida en refrigeración (kW)	10,40
E.E.R.	2,15

Tabla 4.6. Características principales del Modelo 081

4.7. SISTEMAS DE CONDUCCIÓN E IMPULSIÓN DE FLUIDO

Se detalla en los próximos apartados las principales características que presentan los sistemas de conducción e impulsión de planta del presente proyecto.

4.7.1. SELECCIÓN DEL MATERIAL DE LAS CONDUCCIONES

En la instalación diseñada en el presente proyecto se utilizara conducciones fijas debido a la distancia relativamente grande que existe entre los depósitos (situados en el interior de la cámara isoterma) y los restantes equipos (situados fuera de la cámara isoterma). El material a utilizar es el acero inoxidable AISI-304, proporcionando resistencia, durabilidad e higiene a las conducciones.

4.7.2. CARACTERÍSTICAS DE LAS CONDUCCIONES

Las conducciones diseñadas en el presente proyecto son las siguientes:

- **Conducción N°1: Traslase del vino desde antes de llegar a la planta de frío hasta los depósitos que se encuentra en la cámara. Esta conducción presenta un diámetro exterior de 2,375 in.**
- **Conducción N°2: Traslase del vino desde los depósitos situado en el interior de la cámara frigorífica hasta la salida de la planta de tratamiento de frío. Esta conducción presenta un diámetro exterior de 2,375 in.**

Los diámetros escogidos para las conducciones están normalizados (*Ver Tabla.A2.6. Especificaciones de tuberías*). El diámetro nominal que tiene las conducciones diseñadas en el presente proyecto es de 2 pulgadas.

El trazado de las conducciones se puede observar con detalle en los *planos n° 7 y 8: Diagrama de impulsión y conducción de la planta.*

Las conducciones se instalarán con una pendiente del 0,5% con objeto de favorecer el transporte del fluido.

Las conducciones del presente Proyecto han sido diseñadas de acuerdo a la norma ANSI B31.3 del código B31 (“Code for pressure piping”) de ASME.

La caída de presión ha sido calculada con objeto de poder obtener las potencias necesarias de los elementos de impulsión.

Se ha calculado la caída de presión teniendo en cuenta los tramos rectos de las conducciones y los diferentes accesorios (*Ver apartado 7.2. Cálculo de las pérdidas de cargas de las conducciones del Anexo nº1: Cálculos Justificativos*). Los valores numéricos calculados son:

	Caída de presión (m)
Conducción N°1	4,88
Conducción N°2	5,36

Tabla.4.7. Pérdidas de carga en las conducciones del presente proyecto

Los materiales de las válvulas y de los accesorios restantes serán de material que sea compatible con el fluido. Por este motivo se utilizará acero inoxidable de calidad alimentaria (AISI-304 o AISI-316).

Se utilizarán válvulas de regulación de 3 y 4 vías con el objeto de poder distribuir el flujo a lo largo de los tramos de conducción.

En el sistema de conducción de la planta de tratamiento por frío se utilizará tantas válvulas y accesorios como sea necesario (*ver apartado 7.2. Cálculo de las pérdidas de cargas de las conducciones del Anexo nº1: Cálculos Justificativos*).

4.7.3. SELECCIÓN DE LOS SISTEMAS DE IMPULSIÓN

Se utilizarán dos bombas centrífugas, debido a que son equipos sencillos y relativamente baratos, donde la presión y el caudal dependen del número de revoluciones. Su colocación se observa en los planos n° 7 y 8: *Diagrama de impulsión y conducción de la planta.*

4.7.4. CARACTERÍSTICAS DE LOS SISTEMAS DE IMPULSIÓN

Para el sistema de impulsión de fluidos se colocaron dos bombas, una en cada conducción. Las características de cada bomba se presentan en la siguiente tabla:

	Bomba-01	Bomba-02
Fluido a impulsar	Vino	Vino
Caudal (m³/h)	10	10
Altura útil (m)	16,56	15,33
NSPH_r (m)	1,50	1,50
Potencia (kW)	0,87	0,80

NSPH_r: Carga neta de aspiración requerida

Tabla.4.8. Características de las bombas del presente proyecto

Ambas bombas son de la empresa Calpeda modelo C/41E. Presentando ambas bombas el mismo rango de trabajo (-10°C/90°C).

En los apartados 7. *Diseño del sistema de conducciones* y 8. *Diseño de los sistemas de impulsión* ambos del Anexo n°1: *Cálculos Justificativos* se realizan un cálculo detallado de los sistemas de conducción y de los sistemas de impulsión respectivamente.

5. NORMATIVA

- Reglamento CE 479/2008 que determina la Organización Común del Mercado Vitivinícola Europeo.
- Reglamento CE 606/2009 que regula las prácticas enológicas aplicables.
- Ley 10/2007 del 26 de noviembre, para la Protección del Origen y la Calidad de los Vinos de Andalucía.
- BOJA (Boletín Oficial de la Junta de Andalucía) N° 103 del 28 de mayo de 2010, por el que se aprueba el Reglamento de las Denominaciones de Origen “Jerez-Xérès-Sherry” y “Manzanilla-Sanlúcar de Barrameda”.
- Directiva 93/43/CEE establece las normas generales de los productos alimenticios.
- Ley de prevención y riesgos laborales 31/1995, por el que se promueve la seguridad y salud de los trabajadores.
- Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.
- Real Decreto 2060/2008, de 12 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de equipos a presión y sus instrucciones técnicas complementarias.
- Real Decreto 2267/2004, de 3 de diciembre por el que se aprueba el Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales. Este reglamento tiene por objeto conseguir un grado suficiente de seguridad en caso de incendio en los establecimientos e instalaciones de uso industrial.
- Real Decreto 286/2006, de 10 de marzo, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido.

- Real Decreto 486/1997, de 14 de abril, por el que se establecen las Disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.
- Real Decreto 485/1997, por el que se establecen las disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.
- Real Decreto 1311/2005 de 4 de noviembre, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores frente a los riesgos derivados o que puedan derivarse de la exposición a vibraciones mecánicas.
- Real Decreto 773/1997, de 30 de mayo, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.
- Real Decreto 486/1997, de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.
- Real Decreto 3099/1977, de septiembre, por el que se aprueba el Reglamento de Seguridad para Plantas e Instalaciones Frigoríficas.

6. GLOSARIO

- **Agostado:** La acción de preparar la tierra donde posteriormente se plantará la vid.
- **Albarizas:** Son los terrenos típicos del área de producción, caracterizados por su color blanquecino, alta capacidad retentiva de la humedad y un contenido en carbonato cálcico superior al 25%.
- **Andanas:** Conjunto de botas colocadas en hileras de una sola unidad, contiguas sucesivamente y superpuestas, con el eje mayor horizontal.
- **Aporca:** La acción de cubrir de tierra la zona injertada.
- **Bota:** Nombre tradicional que recibe en la zona la barrica de madera de capacidad inferior a 1000 litros, utilizada para el envejecimiento de los vinos. Cuando se utiliza como unidad de medida de volumen se refiere siempre a 500 litros.
- **Cajuela:** Es el lugar donde injerta la yema.
- **Criadera:** Es cualquiera de las escalas intermedias de envejecimiento de un vino, formada por botas con un nivel homogéneo de envejecimiento, de las que se realiza la saca o extracción para su rocío en la escala (criadera) siguiente y que a su vez se rocían o reponen con vino procedente de la criadera anterior.
- **Desfangado:** Es el proceso por el cual se elimina las materias sólidas existentes en suspensión que se encuentran en el mosto.
- **Grados Baumé (Be):** Unidad que se utiliza en la bodega para medir la riqueza en azúcares de un mosto en función de su densidad.
- **Lagar:** Son cubetas o balsas (de forma rectangular o cuadrada) ubicadas en el interior de las bodegas, próximas a su entrada y aptas para recoger el depósito de la uva recién vendimiada. Están cercadas por un muro (en general de 70 a 1,20 cm de altura) y su capacidad convencional oscila entre los 50 - 100 metros, según las regiones. Presenta el desnivel necesario para que tras la manipulación de estrujadores o prensas el mosto corra fácilmente hacia el sumidero, el

cual está preparado para retener en su rejilla el hollejo y dar paso al líquido.

- Liños: En la viña, cada línea o serie de cepas.
- Porta-injerto: En la vid es la parte sobre la que va injertada la variedad a cultivar.
- Rafia: Es una fibra tenaz y gruesa, usada en la vid.
- Rocío: Operación de ir llenando cada criadera con la cantidad de vino que se ha sacado de la anterior. La primera criadera rellena la solera. El conjunto de esta operación se denomina "correr la escala".
- Saca: Operación consistente en extraer una parte del contenido de cada bota de una escala. Cuando se extrae de una criadera se destina al rocío de la siguiente escala. Si se extrae de la solera se destina a su embotellado y posterior consumo.
- Sobretablas o añadas: Son los vinos que corresponden al año en que el vino ha sido vendimiado.
- Soleo: Exposición de los vinos al sol, para su pasificación.
- Solera: Es la escala final de envejecimiento de un vino, formada por botas con un nivel homogéneo de envejecimiento, y de la que se realiza la saca o extracción para su expedición o bien para su utilización en un cabeceo.

7. NOMENCLATURA

El presente apartado tiene el objeto de facilitar la comprensión de la nomenclatura usada en el nombramiento de las tablas, figuras y ecuaciones del presente proyecto. A continuación se detalla la nomenclatura usada:

- Si las tablas y figuras se encuentran en la Memoria Descriptiva, la nomenclatura usada es la siguiente:

Figura o Tabla.x.y.

Donde el número “x” hace referencia al apartado donde se encuentra dicha figura o tabla y el número “y” a la posición que ocupa ésta dentro del apartado.

Ejemplo: Figura o Tabla.1.1.

Figura o Tabla 1 perteneciente al primer apartado y que ocupa el primer lugar dentro de ese apartado.

- Si las Tablas o Figuras se encuentran en los Anexos, la nomenclatura usada es la siguiente:

Figura o Tabla.Ax.y.

Donde el número “x” hace referencia al anexo donde se encuentra dicha tabla o figura y el número “y” a la posición que ocupa ésta dentro del apartado.

Ejemplo: Figura o Tabla.A.1.1.

Figura o Tabla perteneciente al primer anexo y estando situada en primer lugar de dicho anexo.

- Si se hace referencia a las ecuaciones, la nomenclatura usada es la siguiente:

x.y.z

Donde el número “x” hace referencia al anexo en el que se encuentra la ecuación, el número “y” al apartado que ocupa dicha ecuación y el número “z” a la posición que ocupa dentro del apartado.

Ejemplo: 1.2.1

Ecuación perteneciente al primer anexo, estando situada en el apartado segundo y siendo la primera ecuación mencionada en dicho apartado.

- Para hacer referencia al glosario, se ha colocado en la palabra el símbolo “*”. Destacar que solo se ha colocado la primera vez que ha aparecido en el presente proyecto.

Ejemplo: Albarizas *

9. BIBLIOGRAFÍA

- Libros

- Casp Vanaclocha, A. “*Diseño de industrias agroalimentarias*” Ediciones Mundiprensa, 2005.
- Colegio Oficial de Ingenieros Agrónomos de Murcia. “*Nuevo curso de ingeniería del frío*” Madrid Vicente, A 2º Edición, 1993.
- Dewatwal, J. “*Design of compact plate fin heat exchanger*” National Institute of Technology, 2009.
- Hidalgo Togores, José “*Tratado de Enología Volumen I*” Ediciones MundiPrensa Editorial, 2003
- Ibarz, Albert & Barbosa-Cánovas, Gustavo V. “*Operaciones Unitarias en la Ingeniería de Alimentos*” Ediciones MundiPrensa, 2005.
- Jiménez Gutiérrez, Arturo “*Diseño de procesos en ingeniería química*” Edición Reverté, 2003.
- López Gómez, Antonio. “*Las instalaciones frigoríficas en las bodegas (Manual de Diseño)*” Madrid Ediciones, 1992.
- Maldonado Rosso, Javier. “*La Formación del Capitalismo en el Marco de Jerez. De la vitivinicultura tradicional a la agroindustria vinatera moderna (siglos XVII y XIX)*” Editores Huerga y Fierro, 1999.
- Megyesy, Eugene F. “*Manual de recipientes a presión. Diseño y cálculo*” Editorial Limusa, 2001.
- Sánchez Pinedas de las infantas, Mª Teresa. “*Ingeniería del frío: Teoría y práctica*” Edición Mundi Prensa, 2005
- Troost, Gerhard “*Tecnología del vino*” Editorial Omega, 1985.
- Torrella Alcaraz, Enrique “*La producción de frío*” Universidad Politécnica de Valencia, 1996.

- Ribereau-Gayon, P., Glories, Y., Maujean, A., Dubourdie, D. *“Handbook of Enology: Volumen II. The Chemistry of wine stabilization and treatments”*

- Artículos
 - Gómez Benítez, J., Palacios Macías, V.M., Veas López, R., Valcarcel Muñoz, M., Pérez Rodríguez, L. *“Characterization, control and improvement of the cold treatment of Sherry wines”* Food Control 15 (2004) 111-116.
 - Oliva, J. *“Tratamientos de residuos de bodegas”*.
 - Gómez Benítez, J., Palacios Macías, V.M., Veas López, R., Pérez Rodríguez, L. *“Prediction of tartrate stability of sherry wines by a conductimetric system with rapid response”* Food Chemistry 81(2003) 457-462.
 - Dharmadhikari, M. *“Methods for tartrate stabilization of wine”* Vineyard and Vintage View 9 (1994) 1-5.
 - Enanche, G., Constantin, O.E., Stoica, M. *“Study of the bitartrate formation at cold stabilization of wines”* Journal of Agroalimentary Processes and Technologies 2009, 15(4), 558-560.
 - Zoecklein, B. *“A review of potassium bitartrate stabilization of wines”* Virginia Cooperative Extension Service 1988.
 - Calderón, F., Navascués, E. *“Aplicación de la ingeniería del frío a la industria enológica: Necesidades frigoríficas en bodega”* Tecnología del Vino 2002, 23-28
 - Picón Núñez, M., López Robles, J.L., Miranda Alvarez, C. *“Diseño termohidráulico de intercambiadores de calor de plato y marco en arreglo simple y multipaso”* Revista Mexicana de Ingeniería Química Vol.3 (2004), número 001, pp 23-34

- Abril, J., Casp, A. “Eficiencia energética en el sector vitivinícola” Departamento de Tecnología de los Alimentos. Universidad Pública de Navarra.
- Otros artículos
- Código ASME (American Society of Mechanical Engineers) Sección VIII (2001).
- Código ASME (American Society of Mechanical Engineers) B31.3 (2004)
- Ministerio de industria, turismo y comercio de España “*Guía técnica: Diseño y cálculo del aislamiento térmico de conducciones, aparatos y equipos*”
- Páginas Web
- Empresa: Hispania de Intercambio Térmico, S.A. (HITSA) y Aire acondicionado, S.A. (TOPAIR). www.hitop.com
- Empresa: Agrovin. www.agrovin.com
- Empresa: Alfalava. www.alfalval.com
- Empresa: APV, SPX corporation www.apv.com
- Empresa: Herpasur, S.A. www.herpasur.com
- Empresa: Calpeda, S.A. www.calpedaiberica.com
- Empresa: Sauter. www.sauteriberica.com
- Empresa: Techno system. www.techno-system.it
- Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el trabajo. www.insht.es
- ASEVEX: Asociación de Empresas Vinícolas de Extremadura. www.asevex.es
- www.lifesinergia.org
- www.gencat.cat/salut/acsa/html/ca/dir1311/dd16608/27-c-canut.pdf
- saludlaboral.ugtcantabria.org/manuales/bpsvv.pdf
- www.accua.com/bodega/conten/BOD361.asp
- www.sherry.org

ANEXO N°1: CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

ÍNDICE

1. CÁLCULO DE LA TEMPERATURA DE TRATAMIENTO.....	168
2. DISEÑO DEL INTERCAMBIADOR DE CALOR DE PLACAS.....	170
2.1. DATOS DE PARTIDA.....	170
2.2. CÁLCULO DEL CALOR INTERCAMBIADO.....	172
2.3. CÁLCULO DEL ÁREA DE TRANSFERENCIA DE CALOR.....	174
2.4. CÁLCULO DEL NÚMERO DE PLACAS.....	181
2.5. CÁLCULO DE LAS PÉRDIDAS DE CARGA.....	182
3. DISEÑO DEL INTERCAMBIADOR DE CALOR DE SUPERFICIE RASCADA.....	184
3.1. CÁLCULO DEL CALOR INTERCAMBIADO.....	184
3.2. CÁLCULO DEL ÁREA DE TRANSMISIÓN DE CALOR.....	186
4. DISEÑO DE LOS DEPÓSITOS.....	188
4.1. DETERMINACIÓN DEL NÚMERO DE DEPÓSITOS.....	188
4.2. DISEÑO GEOMÉTRICO DE LOS DEPÓSITOS DE 60000 LITROS.....	189
4.2.1. CÁLCULO DE LOS ESPESORES.....	192
4.3. DISEÑO GEOMÉTRICO DE LOS DEPÓSITOS DE 45000 LITROS.....	202
4.3.1. CÁLCULO DE LOS ESPESORES.....	205
4.4. DISEÑO GEOMÉTRICO DE LOS DEPÓSITOS DE 15000 LITROS.....	215
4.4.1. CÁLCULO DE LOS ESPESORES.....	218
5. AISLAMIENTO DE LA CÁMARA ISOTERMICA.....	228
5.1. INTRODUCCIÓN.....	228
5.2. DIMENSIONAMIENTO DE LA BARRERA ANTIVAPOR.....	229
5.3. MATERIAL DEL AISLAMIENTO.....	229

5.3.1. CÁLCULO DEL ESPESOR DEL MATERIAL DE AISLAMIENTO.....	229
5.3.1.1. CÁLCULO DEL ESPESOR DEL AISLAMIENTO TÉRMICO DE LAS PAREDES.....	230
5.3.1.2. CÁLCULO DEL ESPESOR DEL AISLAMIENTO TÉRMICO DEL TECHO.....	233
5.3.1.3. CÁLCULO DEL ESPESOR DEL AISLAMIENTO TÉRMICO DEL SUELO.....	234
5.3.2. DIMENSIONAMIENTO DEL MATERIAL DEL AISLAMIENTO.....	237
5.4. DIMENSIONAMIENTO DEL REVESTIMIENTO.....	237
6. DISEÑO DE LA INSTALACIÓN DE PRODUCCIÓN DE FRÍO.....	238
6.1. BALANCE TÉRMICO A LA CÁMARA ISOTÉRMICA.....	238
6.2. CÁLCULO DE LA TEMPERATURA DE EVAPORACIÓN.....	250
6.3. CÁLCULO DE LA TEMPERATURA DE CONDENSACIÓN.....	252
6.4. SISTEMA DE REFRIGERACIÓN POR COMPRESIÓN MECÁNICA.....	253
6.4.1. CÁLCULO DE LOS PARÁMETROS DEL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN POR COMPRESIÓN MECÁNICA.....	257
6.5. DIMENSIONAMIENTO DEL EVAPORADOR.....	260
6.5.1. CÁLCULO DEL ÁREA DE TRANSMISIÓN DE CALOR DEL EVAPORADOR.....	260
6.6. DIMENSIONAMIENTO DEL COMPRESOR.....	263
6.6.1. CÁLCULO DE LOS PARÁMETROS PARA UNA INSTALACIÓN REAL.....	263

6.6.2. CÁLCULO DE LOS PARÁMETROS BÁSICOS DEL DIMENSIONAMIENTO.....	265
6.7. DIMENSIONAMIENTO DEL CONDENSADOR.....	268
6.7.1. CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DEL CONDENSADOR.....	268
6.7.2. CÁLCULO DEL ÁREA DE TRANSMISIÓN DE CALOR.....	271
6.7.3. CÁLCULO DE LA MASA DE AIRE.....	271
7. DISEÑO DEL SISTEMA DE CONDUCCIONES.....	273
7.1. CÁLCULO DEL DIÁMETRO DE LAS CONDUCCIONES.....	273
7.2. CÁLCULO DE LAS PÉRDIDAS DE CARGA EN LAS CONDUCCIONES.....	281
7.3. AISLAMIENTO DE LAS CONDUCCIONES.....	291
8. DISEÑO DE LOS SISTEMAS DE IMPULSIÓN.....	298
8.1. TIPOS Y NÚMERO DE BOMBAS.....	298
8.2. DISEÑO DE LA BOMBA DE TRASIEGO DE VINO HACIA LOS DEPÓSITOS (BOMBA-01).....	299
8.2.1. DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS PRINCIPALES.....	299
8.2.1.1. DETERMINACIÓN DE LA CARGA ÚTIL.....	299
8.2.1.2. DETERMINACIÓN DE LA POTENCIA	303
8.2.1.3. DETERMINACIÓN DE LA CARGA NETA DE SUCCIÓN POSITIVA DISPONIBLE.....	304
8.2.1.4. CARGA NETA DE SUCCIÓN POSITIVA REQUERIDA.....	307
8.2.1.5. COMPROBACIÓN DEL CORRECTO FUNCIONAMIENTO DE LA BOMBA	308
8.3. BOMBA DE TRASIEGO DE VINO HASTA LA SALIDA DE LA PLANTA DE FRÍO (BOMBA-02).....	309

8.3.1. DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS PRINCIPALES.....	309
8.3.1.1. DETERMINACIÓN DE LA CARGA ÚTIL.....	309
8.3.1.2. DETERMINACIÓN DE LA POTENCIA.....	312
8.3.1.3. DETERMINACIÓN DE LA CARGA NETA DE SUCCIÓN POSITIVA DISPONIBLE.....	313
8.3.1.4. CARGA NETA DE SUCCIÓN POSITIVA REQUERIDA.....	316
8.3.1.5. COMPROBACIÓN DEL CORRECTO FUNCIONAMIENTO DE LA BOMBA.....	317

1. CÁLCULO DE LA TEMPERATURA DE TRATAMIENTO

Se procede al cálculo de la temperatura de tratamiento necesaria para que se produzca la estabilización tartárica en la planta diseñada en el presente proyecto.

Para el cálculo de esta temperatura se necesita conocer el porcentaje de alcohol de los vinos a tratar. Los vinos que la planta de frío va a tratar son los vinos de la Denominación de Origen “Jerez-Xérès-Sherry” y “Manzanilla- Sanlúcar de Barrameda” los cuales presentan diferentes graduaciones alcohólicas, pudiendo ir desde el 15 hasta el 22 % de alcohol en volumen.

A la hora del cálculo de la temperatura se utilizará la graduación alcohólica menor (15% de alcohol en volumen) ya que si se utilizará para un porcentaje de alcohol mayor los vinos de 15% de alcohol se congelaría en la cámara isotérmica presentando un gran número de inconvenientes.

Los vinos que posean un porcentaje de alcohol mayor no tendrán problema de congelación ya que la temperatura de congelación de estos es más baja y no tendrán problemas de estabilización de los tartratos ya que permanecen los vinos durante un periodo de siete días, tiempo suficiente [Gómez, 2004] para que precipiten las sales tartáricas.

El cálculo de la temperatura de tratamientos se realiza de dos formas distintas:

1) Se calcula previamente la temperatura de congelación (t_c) que se determina fácilmente conociendo la graduación alcohólica de los vinos como sigue:

$$t_c(^{\circ}C) = -\frac{\%vol - 1}{2} \quad [1.1.1]$$

$$t_c(^{\circ}C) = -\frac{15 - 1}{2} = -7^{\circ}C$$

Por lo que la temperatura de tratamiento (t_t) se calcula restando $0,5^{\circ}C$ a la temperatura de congelación, con objeto de evitar la formación de hielo.

Por lo tanto la temperatura de tratamiento es de $-6,5^{\circ}C$.

2) Aplicando la siguiente expresión:

$$t_t = -\left(\frac{\%vol}{2} - 1\right) [1. 1. 2]$$

$$t_t = -\left(\frac{15}{2} - 1\right) = -6,5^{\circ}C$$

La temperatura de tratamiento es la misma que la anteriormente calculada, por lo que se ratifica que la temperatura debe ser $-6,5^{\circ}C$.

2. DISEÑO DEL INTERCAMBIADOR DE CALOR DE PLACAS

2.1. DATOS DE PARTIDA

Antes de realizar el cálculo se realiza las siguientes hipótesis:

- Las pérdidas de calor hacia el exterior son despreciables.
- No se forman bolsas de aire en el intercambiador.
- El coeficiente global de transmisión de calor es constante a lo largo de todo el intercambiador.
- La temperatura en el interior de cada canal sólo varía en la dirección del flujo.

Los datos necesarios son los que se mencionan a continuación:

- Características de las placas:
 - Acero AISI 316.
 - Anchura de placa: 0,25 m.
 - Longitud de placa: 0,859 m.
 - Superficie unitaria: 0,18 m².
 - Espaciado entre placas: 3,5 mm.
 - Conductividad térmica: 16 W/(m·°C)
 - Espesor de placa: 0,5 mm.
- Propiedades térmicas del vino:
 - Densidad: 0,993 kg/l.
 - Viscosidad: 1,2 mPa·s
 - Calor específico: 0,955 kcal/(kg·°C)
 - Conductividad térmica: 0,52 W/(m·°C)
 - Factor de ensuciamiento del vino no estabilizado por posible deposición de tartratos: 0,00043 (m²·°C)/W

Las propiedades térmicas del vino se consideran constantes en el rango de temperatura de trabajo. Además, se considera que es el mismo valor para el vino frío y caliente, ya que el fluido frío y caliente es el mismo (vino) y la variación con respecto a la temperatura en este intervalo de temperaturas se considera despreciable.

2.2. CÁLCULO DEL CALOR INTERCAMBIADO

Se comienza realizando un balance global de energía en el que el flujo de calor cedido por el vino caliente es absorbido por el vino frío, aumentando así su temperatura.

$$Q = w_c C_p (T_e - T_s) = w_f C_p (t_s - t_e) \quad [1.2.1]$$

Siendo:

Q: Calor intercambiado (kcal/h)

T_e: Temperatura de entrada del vino caliente (°C).

T_s: Temperatura de salida del vino caliente (°C).

t_e: Temperatura de entrada del vino frío (°C).

t_s: Temperatura de salida del vino frío (°C).

W_c=W_f: Caudal másico de vino a tratar (kg/h).

C_p: Calor específico del vino (kcal/(kg·°C))

Se conoce los valores de tres de las cuatro temperaturas anteriormente descritas. Estos valores son:

T_e: 25°C

T_s: -1°C

t_e: -6,5°C

Por lo tanto la única temperatura que nos queda por determinar es la temperatura de salida del vino frío.

Para ello utilizaremos la expresión [1.2.1], aunque antes necesitamos conocer el caudal másico.

Se conoce el caudal volumétrico para las dos corrientes y se sabe que ambas poseen el valor de 10000 l/h.

Para obtener el caudal másico se aplica la siguiente expresión:

$$W = q \cdot \rho \quad [1.2.2]$$

W: Caudal másico de vino a tratar (kg/h).

q: Caudal volumétrico del vino a tratar (l/h).

ρ : Densidad del vino (kg/l).

Por lo tanto el valor del caudal másico es:

$$W = 10000 \left(\frac{l}{h} \right) \cdot 0,993 \left(\frac{kg}{l} \right) = 9930 \text{ kg/h}$$

Reordenado la expresión [1.2.1], podemos calcular la temperatura de salida del vino frío:

$$t_s = t_e + \frac{W \cdot C_p \cdot (T_e - T_s)}{W \cdot C_p}$$
$$t_s = -6,5(^{\circ}C) + \frac{9930 \left(\frac{kg}{h} \right) \cdot 0,955 \left(\frac{kcal}{(kg \cdot ^{\circ}C)} \right) \cdot (25 - (-1))^{\circ}C}{9930 \left(\frac{kg}{h} \right) \cdot 0,955 \left(\frac{kcal}{(kg \cdot ^{\circ}C)} \right)}$$
$$t_s = 19,5^{\circ}C$$

Mediante la expresión [1.2.1] se puede conocer la cantidad de calor que se transfiere en el intercambiador:

$$Q = w C_p (T_e - T_s) = 9930 \left(\frac{kg}{h} \right) \cdot 0,955 \left(\frac{kcal}{(kg \cdot ^{\circ}C)} \right) \cdot (25 - (-1))^{\circ}C$$

$$Q = 246561,9 \frac{kcal}{h}$$

2.3. CÁLCULO DEL ÁREA DE TRANSFERENCIA DE CALOR

La ecuación de transmisión de calor para el intercambiador de placas es el siguiente:

$$Q = A_t U \Delta T \text{ [1. 2. 3]}$$

Siendo:

Q: Calor intercambiador (kcal/h)

A_t : Área total de transmisión de calor del intercambiador (m^2).

ΔT : Incremento de temperatura ($^{\circ}C$).

U: Coeficiente global de transmisión de calor ($kcal/(h \cdot m^2 \cdot ^{\circ}C)$).

Destacar que en este caso no es necesario utilizar el término ΔT_{ml} , ya que el ΔT para el vino caliente y para el vino frío es el mismo, es decir el ΔT es constante debido a que las razones de capacidad calorífica de los vinos son las mismas. Definiéndose la razón de la capacidad calorífica como el producto del caudal másico por el calor específico.

De la ecuación [1.2.3] se necesita conocer el coeficiente global de transmisión de calor para después despejando obtener el área total.

Para calcular el coeficiente global de transmisión de calor, se procede primero a calcular una serie de términos.

Se comienza calculando la densidad de flujo de los fluidos, definidas como:

$$G = \frac{W}{S} \text{ [1. 2. 4]}$$

Siendo:

G: Densidad de flujo ($kg/(m^2 \cdot s)$).

W: Caudal másico (kg/h).

S: Sección de paso (m^2).

$$S = \text{Anchura de placa} \cdot \text{Espaciado entre placas}$$

Tanto la anchura de placa como el espaciado de placas son conocidos (*Ver apartado 2.1. Datos de partida del presente Anexo*), por lo tanto:

$$S = 0,25 (m) \cdot 3,5 \cdot 10^{-3} (m)$$

$$S = 8,75 \cdot 10^{-4} m^2$$

Por lo tanto introduciendo los valores en la ecuación [1.2.4]:

$$G = \frac{9930 \left(\frac{kg}{h}\right)}{8,75 \cdot 10^{-4} (m^2)} \cdot \frac{1}{3600} \left(\frac{h}{s}\right)$$

$$G = 3152,38 \frac{kg}{(m^2 \cdot s)}$$

Para calcular los coeficientes individuales en régimen turbulento se recurre a una expresión [Ibarz, Albert & Barbosa-Cánovas, Gustavo V., 2005] que relaciona los módulos de Nusselt, Reynolds y Prandtl, de la siguiente manera:

$$(Nu) = \frac{h \cdot D_e}{k} = 0,374 \cdot (Re)^{0,668} \cdot (Pr)^{0,333} \quad [1.2.5]$$

Donde:

Nu: Número de Nusselt (Adimensional).

Re: Número de Reynolds (Adimensional).

Pr: Número de Prandtl (Adimensional).

h: Coeficiente individual de transferencia de calor ($W/(m^2 \cdot ^\circ C)$).

D_e : Diámetro equivalente (m).

k: Conductividad térmica del vino ($W/(m \cdot ^\circ C)$) (Ver apartado 2.1. Datos de partida del primer Anexo).

El diámetro equivalente, se define como cuatro veces el radio hidráulico, siendo éste la razón entre el área de paso del fluido entre las placas y el perímetro mojado:

$$D_e = 4 \cdot r_H = 4 \cdot \frac{a \cdot b}{2 \cdot a} = 2 \cdot b \quad [1.2.6]$$

Donde:

D_e : Diámetro equivalente (m).

a: Anchura de las placas (m).

b: Espaciado entre las placas (m).

Esto valores ya son conocidos por lo tanto se procede al cálculo del diámetro equivalente mediante la ecuación [1.2.6]:

$$D_e = 2 \cdot 3,5 \cdot 10^{-3} (m) = 7 \cdot 10^{-3} m$$

El número de Reynolds se define como:

$$Re = \frac{G \cdot D_e}{\eta} \quad [1.2.7]$$

Siendo:

Re: Número de Reynolds (Adimensional).

D_e : Diámetro equivalente (m).

G: Densidad de flujo ($kg/(m^2 \cdot s)$).

η : Viscosidad del vino ($Pa \cdot s$).

Sustituyendo los valores numéricos se obtiene:

$$Re = \frac{3152,38 \frac{kg}{(m^2 \cdot s)} \cdot 7 \cdot 10^{-3} m}{1,2 \cdot 10^{-3} \frac{kg}{(s \cdot m)}}$$

$$Re = 18388,88$$

El valor del Reynolds es superior a 400, por lo tanto el vino se encuentra en régimen turbulento y se puede utilizar la ecuación [1.2.5] para el cálculo del coeficiente individual de transferencia de calor.

El módulo de Prandtl se define como:

$$Pr = \frac{C_p \cdot \eta}{k} \quad [1.2.8]$$

Siendo:

Pr: Número de Prandtl (Adimensional).

C_p : Calor específico del vino (kcal/(kg·°C)) (Ver apartado 2.1. Datos de partida del presente Anexo).

η : Viscosidad del vino (Pa·s).

k : Conductividad térmica del vino (W/(m·°C)) (Ver apartado 2.1. Datos de partida del presente Anexo).

Colocando los valores numéricos en la ecuación [1.2.8], se obtiene:

$$Pr = \frac{0,955 \left(\frac{kcal}{(kg \cdot ^\circ C)} \right) \cdot \frac{4184}{1} \cdot \left(\frac{J}{kcal} \right) \cdot 1,2 \cdot 10^{-3} \frac{kg}{(s \cdot m)}}{0,52 \frac{J}{(m \cdot s \cdot ^\circ C)}}$$

$$Pr = 9,22$$

Sustituyendo los valores en la ecuación [1.2.5] y despejando h obtenemos:

$$h = \frac{0,374 \cdot (Re)^{0,668} \cdot (Pr)^{0,333} \cdot k}{D_e}$$

$$h = \frac{0,374 \cdot (18388,88)^{0,668} \cdot (9,22)^{0,333} \cdot 0,52 \frac{J}{(m \cdot s \cdot ^\circ C)}}{7 \cdot 10^{-3}(m)}$$

$$h = 41091,81 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}$$

Una vez obtenidos los coeficientes individuales debe calcularse el coeficiente global de transmisión de calor, según la ecuación global:

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{h_c} + \frac{e}{k_p} + \frac{1}{h_f} + R_c + R_f \quad [1.2.9]$$

Los términos hacen referencia a:

U: Coeficiente global de transmisión de calor (kcal/(h·m²·°C)).

h_c: Coeficiente individual de transmisión de calor del vino caliente (W/(m²·°C)).

h_f: Coeficiente individual de transmisión de calor del vino frío (W/(m²·°C)).

e: Espesor de la pared de la placa (m).

k_p: Conductividad térmica del acero AISI 316 (W/(m·°C)) (Ver apartado 2.1. Datos de partida del presente Anexo).

Los subíndices c y f hacen referencia al vino caliente y vino frío respectivamente, en este proyecto se ha considerado las propiedades de los dos fluidos iguales, por lo tanto el valor de h_c y de h_f es el mismo. Con

respecto a los términos R_c y R_f , hacen referencia al factor de ensuciamiento del vino caliente y frío respectivamente.

Mencionar que el vino caliente es el vino que no está estabilizado, por lo que se le considera un factor de ensuciamiento debido a la posible deposición de tartratos (*Ver apartado 2.1. Datos de partida del presente Anexo*). Al vino ya estabilizado (vino frío) no se le considera el factor de ensuciamiento porque ya se le ha eliminado los tartratos.

Se introduce las peculiaridades descritas en la ecuación [1.2.9] y se sustituye los valores numéricos:

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{h} + \frac{e}{k_p} + \frac{1}{h} + R$$

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{41091,81} \left(\frac{m^2 \cdot ^\circ C}{W} \right) + \frac{0,5 \cdot 10^{-3}}{16} \left(\frac{m^2 \cdot ^\circ C}{W} \right) + \frac{1}{41091,81} \left(\frac{m^2 \cdot ^\circ C}{W} \right) + 0,00043 \left(\frac{m^2 \cdot ^\circ C}{W} \right)$$

$$\frac{1}{U} = 5,10 \cdot 10^{-4} \left(\frac{m^2 \cdot ^\circ C}{W} \right)$$

Por lo tanto el coeficiente global de transmisión de calor posee un valor de:

$$U = 1961,09 \frac{W}{(m^2 \cdot ^\circ C)}$$

$$U = 1961,09 \frac{J}{m^2 \cdot s \cdot ^\circ C} \cdot \frac{1}{4184} \frac{kcal}{J} \cdot \frac{3600 s}{1 h}$$

$$U = 1687,36 \frac{kcal}{(m^2 \cdot h \cdot ^\circ C)}$$

De la ecuación [1.2.3] se obtiene el área total:

$$A_t = \frac{Q}{\Delta T \cdot U}$$

$$A_t = \frac{246561,9 \frac{\text{kcal}}{\text{h}}}{26(^{\circ}\text{C}) \cdot 1687,36 \left(\frac{\text{kcal}}{\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^{\circ}\text{C}} \right)}$$

$$A_t = 5,62 \text{ m}^2$$

En este tipo de intercambiadores puede haber unas pérdidas de calor del orden del 5% [López Gomez, Antonio, 1992], en realidad se tendrá un área total de:

$$A_t = 5,62 \text{ m}^2 \cdot 1,05 = 5,90 \text{ m}^2$$

El área total de transferencia de calor es de 5,90 m²

2.4. CÁLCULO DEL NÚMERO DE PLACAS

El área total es el producto del área de una placa por el número de ellas, en las que existe transmisión de calor:

$$A_t = N \cdot A_p \text{ [1.2.10]}$$

Las placas en las que se transmite calor a su través se las denomina *placas térmicas*(N). Debe resaltarse que las placas de los extremos del intercambiador y las intermedias de distribución de fluidos no son térmicas, pues en ellas no existe intercambio de calor entre los fluidos.

El número de placas térmicas se obtiene sustituyendo en la ecuación [1.2.10] el área de cada placa (*Ver apartado 2.1 Datos de partida del presente Anexo*) y el área total calculada anteriormente:

$$N = \frac{5,90 \text{ m}^2}{0,18 \text{ m}^2} = 32,78$$

$$N = 33$$

Se necesitan 33 placas térmicas.

2.5. CÁLCULO DE LAS PÉRDIDAS DE CARGA

El conocimiento de las pérdidas de carga o presión que experimentan los vinos a su paso por el intercambiador de placas es de suma importancia. Para el cálculo de la caída de presión pueden utilizarse variantes de la ecuación de Fanning:

$$\Delta P = 4 \cdot f \cdot \frac{G^2 \cdot L}{2 \cdot D_e \cdot \rho} \quad [1.2.11]$$

Siendo:

ΔP : Pérdida de presión (Pa).

$4f$: Factor de fricción (Adimensional).

D_e : Diámetro equivalente (m).

G : Densidad de flujo ($\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$).

L : Longitud de la placa (distancia que debe recorrer cada fluido al pasar por el canal entre dos placas) (m) (*Ver apartado 2.1. Datos de partida del presente Anexo*).

ρ : Densidad del vino (kg/m^3).

Para el cálculo del factor de fricción utilizamos la gráfica de Moody [*Ver Figura.A2.1.Gráfica de Moody*]. Se observa que el valor de la rugosidad absoluta para aceros inoxidable es de 0,002 mm, por lo tanto la rugosidad relativa es de:

$$\frac{\varepsilon}{D_e} = \frac{0,002}{7} = 0,00029$$

Con este valor de la rugosidad relativa y el valor del número de Reynolds ya calculado (18388,88) se obtiene de la gráfica ya mencionada el factor de fricción. El valor del factor de fricción es de:

$$(4f) = 0,032$$

Por tanto la pérdida de carga para cada corriente es:

$$\Delta P = 0,032 \cdot \frac{3152,38^2 \frac{kg^2}{(m^4 \cdot s^2)} \cdot 0,859 (m)}{2 \cdot 7 \cdot 10^{-3} (m) \cdot 993 \left(\frac{kg}{m^3}\right)}$$

$$\Delta P = 19649,11 \frac{kg}{m \cdot s^2} = 0,19 atm$$

3. DISEÑO DEL INTERCAMBIADOR DE CALOR DE SUPERFICIE RASCADA

3.1. CÁLCULO DEL CALOR INTERCAMBIADO

El vino tendrá que ser terminado de enfriar en un intercambiador de calor de tipo de superficie rascada.

El calor intercambiado se rige por la siguiente expresión:

$$Q = A U \Delta T_{ml} \quad [1.3.1]$$

Siendo:

Q: Calor intercambiado (Kcal/h).

A: Área de intercambio de calor (m²).

U: Coeficiente global de transmisión de calor (kcal/(h·m²·°C)).

ΔT_{ml} : Incremento de temperatura media logarítmica (°C).

Se aprecia que de las cuatro variables que aparece en la expresión anterior (Q, A, U, ΔT_{ml}) la que determina el diseño es el área de intercambio de calor. Por tanto se necesita conocer las restantes variables para poder determinar el área de intercambio de calor.

Otra expresión para el cálculo del calor intercambiado es la expuesta a continuación:

$$Q = W \cdot C_p \cdot (T_e - T_s) \quad [1.3.2]$$

Siendo:

Q: Calor intercambiado (Kcal/h).

W: Caudal másico del vino a enfriar (kg/h).

C_p: Calor específico del vino (kcal/(kg·°C)).

T_e : Temperatura del vino a la entrada del intercambiador de calor de superficie rascada ($^{\circ}\text{C}$).

T_s : Temperatura del vino a la salida del intercambiador de calor de superficie rascada ($^{\circ}\text{C}$).

El caudal volumétrico para ambos fluidos es de 10000 l/h. Para obtener el caudal másico se aplica la expresión [1.2.2]:

$$W = q \cdot \rho$$

Donde:

W: Caudal másico del vino a enfriar (kg/h).

q: Caudal volumétrico del vino a tratar (l/h).

ρ : Densidad del vino (kg/l).

Se considera que la densidad del vino varía de manera insignificante en el rango de temperaturas en el que se trabaja, por lo tanto se considera constante en este rango. El valor de la densidad es de 0,993 kg/l [López Gomez A., 1992]. Por tanto el caudal másico tiene un valor de:

$$W = 10000 \left(\frac{\text{l}}{\text{h}} \right) \cdot 0,993 \left(\frac{\text{kg}}{\text{l}} \right) = 9930 \text{ kg/h}$$

Se considera que el calor específico del fluido frío y del fluido caliente es el mismo, es decir, que la variación de este parámetro es insignificante en el tramo de temperatura en las que trabaja este intercambiador de calor de superficie rascada. El valor que se toma es de 0,955 kcal/(kg \cdot $^{\circ}\text{C}$) [López Gomez, A., 1992].

Se sabe que la temperatura de entrada del vino es de -1 $^{\circ}\text{C}$ (vino procedente del intercambiador de calor de placas) y la temperatura de salida del mismo es de -6,5 $^{\circ}\text{C}$ (Ver apartado 1. Cálculo de la temperatura de tratamiento del presente Anexo).

Con los datos mencionados se procede al cálculo del calor intercambiado mediante la expresión [1.3.2]:

$$Q = 9930 \left(\frac{kg}{h} \right) \cdot 0,955 \left(\frac{kcal}{kg \cdot ^\circ C} \right) \cdot ((-1) - (-6,5)) (^\circ C)$$

$$Q = 52157,32 \text{ kcal/h}$$

3.2. CÁLCULO DEL ÁREA DE TRANSMISIÓN DE CALOR

Se procede al cálculo de la diferencia de temperatura media logarítmica mediante la siguiente expresión:

$$\Delta T_{ml} = \frac{(T_e - T_{evp}) - (T_s - T_{evp})}{\ln\left(\frac{T_e - T_{evp}}{T_s - T_{evp}}\right)} \quad [1.3.3]$$

Siendo:

ΔT_{ml} : Incremento de temperatura media logarítmica ($^\circ C$).

T_{evp} : Temperatura a la que se evapora el fluido frigorígeno ($^\circ C$).

T_e : Temperatura de entrada del vino ($^\circ C$).

T_s : Temperatura de salida del vino ($^\circ C$).

El fluido refrigerante utilizado es el R-404a. Se utiliza una temperatura de evaporación de $-14^\circ C$.

Como se mencionó en el apartado anterior, el vino entra a una temperatura de $-1^\circ C$ saliendo a la temperatura de tratamiento ($-6,5^\circ C$).

Sustituyendo en la expresión [1.3.3]:

$$\Delta T_{ml} = \frac{((-1) - (-14)) - ((-6,5) - (-14))}{\ln\left(\frac{-1 - (-14)}{-6,5 - (-14)}\right)} = 10,00 \text{ } ^\circ C$$

Para este tipo de intercambiadores de calor el coeficiente global de transmisión de calor (U) suele estar en torno al valor de 500-750 (kcal/(h·m²·°C) [López Gomez, A., 1992]. Se escoge el valor medio, siendo por lo tanto de 600 kcal/(h·m²·°C) el coeficiente global de transmisión de calor utilizado en el presente apartado.

Sustituyendo los valores obtenidos en la expresión [1.3.1] y despejando se obtiene el área de intercambio de calor:

$$Q = A U \Delta T_{ml}$$

$$A = \frac{Q}{U \Delta T_{ml}}$$

$$A_t = \frac{52157,32 \text{ kcal/h}}{600 \left(\frac{\text{kcal}}{\text{h} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{°C}} \right) \cdot 10,00 \text{ °C}} = 8,69 \text{ m}^2$$

Añadiendo un 5% por seguridad, el área de transmisión de calor es:

$$A_t = 9,78 \text{ m}^2 \cdot 1,05 = 9,12 \text{ m}^2$$

El equipo seleccionado en el presente proyecto es el intercambiador de calor de superficie rascada de la empresa AGROVIN y el modelo es el Polar-60 (Ver apartado 4.3.2 Características del intercambiador de calor de superficie rascada seleccionado de la Memoria Descriptiva). Dicho equipo lleva dos evaporadores, siendo por lo tanto el área de transferencia de cada evaporador de:

$$A_{\text{evaporador}} = \frac{9,12}{2} = 4,56 \text{ m}^2$$

4. DISEÑO DE LOS DEPÓSITO

4.1. DETERMINACIÓN DELNÚMERO DE DEPÓSITOS

Para comenzar se calcula el número de depósitos necesarios en la planta de tratamiento por frío. En dicha planta se tratará al día 120000 litros de vino. El periodo de tiempo que el vino se encuentra en cada depósito es de siete días (*Ver apartado 1. Cálculo de la temperatura de tratamiento del presente Anexo*).

Los depósitos tendrán diferentes capacidades, que se repartirá de la siguiente manera:

- 10 depósitos de 60000 L.
- 2 depósitos de 45000 L.
- 2 depósitos de 15000 L.

Por lo tanto se necesitan 14 depósitos, cada uno con la capacidad mencionada anteriormente.

4.2. DISEÑO GEOMÉTRICO DE LOS DEPÓSITO DE 60000 LITROS

En la planta habrá un total de 10 depósitos con capacidad por unidad de 60000 L, será de forma cilíndrico-elíptica, formado por un fondo con forma elipsoidal, un cilindro y una cabeza elipsoidal.

Las expresiones para el cálculo de los volúmenes son:

$$\text{Cilindro: } V_{cilindrico} = \pi \cdot r^2 \cdot h_{cil} \quad [1.4.1]$$

Donde:

V_{cil} : Volumen del cilindro (m^3).

r : Radio interno del cilindro (m).

h_{cil} : Altura del cilindro (m).

$$\text{Elipsoide: } V_{elipsoide} = \frac{\pi}{24} \cdot d^3 \quad [1.4.2]$$

Donde:

V_{elip} : Volumen de la elipse (m^3).

d : Diámetro interno de la elipse (m).

Se deben cumplir además la siguiente relación:

- La relación altura/diámetro [Troost, 1985] debe ser:

$$\frac{h_{cil}}{2r} = 2 \quad [1.4.3]$$

Se considera un aumento en la capacidad del depósito del 10% por motivos de seguridad:

$$V = 60 \, m^3 \cdot 1,10 = 66 \, m^3$$

Por lo tanto, conocida la forma geométrica del depósito y su capacidad, se procede a determinar las dimensiones pertinentes. Se plantea la ecuación que se describe a continuación:

$$2 \cdot V_{elip} + V_{cil} = 66 \text{ m}^3 \text{ [1.4.4]}$$

Sustituimos en esta ecuación las expresiones [1.4.1] y [1.4.2]:

$$2 \cdot \frac{\pi \cdot d^3}{24} + \pi \cdot r^2 \cdot h_{cil} = 66$$

$$2 \cdot \frac{\pi \cdot 8 \cdot r^3}{24} + \pi \cdot r^2 \cdot h_{cil} = 66$$

Sustituyendo en la altura del cilindro la relación expuesta en la ecuación [1.4.3] y operando, se obtiene el radio del depósito:

$$2 \cdot \frac{\pi \cdot 8 \cdot r^3}{24} + \pi \cdot r^2 \cdot 4r = 66$$

$$r = \sqrt[3]{\frac{66}{\frac{2 \cdot \pi \cdot 8}{24} + 4 \cdot \pi}} = 1,65 \text{ m}$$

Conocido el radio se procede al cálculo de las alturas y de los volúmenes.

Para calcular la altura del cilindro se utiliza la relación [1.4.3]:

$$h_{cilindro} = 4 \cdot r = 4 \cdot 1,65 \text{ m} = 6,6 \text{ m}$$

Mediante la expresión [1.4.1] se obtiene el valor numérico del volumen del cilindro:

$$V_{cilindrico} = \pi \cdot r^2 \cdot h_{cil}$$

$$V_{cilindrico} = \pi \cdot 1,65^2 (\text{m}^2) \cdot 6,6 (\text{m}) = 56,45 \text{ m}^3$$

Para calcular la altura y el volumen del elipsoide (tanto del fondo como de la cabeza del depósito), se procede de la siguiente forma.

La altura del casquete es un cuarto del diámetro y el volumen es igual a $\pi/24 \cdot d^3$ [Ver Tabla.A2.1. Expresiones para las distintas cabezas de los depósitos]:

$$h_{elipsoidal} = \frac{d}{4} \quad [1.4.5]$$

$$V_{elipsoidal} = \frac{\pi}{24} \cdot d^3$$

Donde:

d: Diámetro interno de la elipse (m).

Se procede al cálculo numérico:

$$h_{elipsoidal} = \frac{2 \cdot 1,65(m)}{4} = 0,83 \text{ m}$$

$$V_{elipsoidal} = \frac{\pi}{24} \cdot 8 \cdot 1,65^3(m^3) = 4,70 \text{ m}^3$$

En definitiva, el depósito tiene las siguientes medidas:

Cabeza elipsoidal:

$$r_{interno} = 1,65 \text{ m}$$

$$D_{interno} = 3,3 \text{ m}$$

$$h_{elipsoidal} = 0,83 \text{ m}$$

$$V_{elipsoidal} = 4,70 \text{ m}^3$$

Cuerpo cilíndrico:

$$r_{interno} = 1,65 \text{ m}$$

$$D_{interno} = 3,3 \text{ m}$$

$$h_{cilindro} = 6,6 \text{ m}$$

$$V_{cilindrico} = 56,45 \text{ m}^3$$

Fondo elipsoidal:

$$r_{interno} = 1,65 \text{ m}$$

$$D_{interno} = 3,3 \text{ m}$$

$$h_{elipsoidal} = 0,83 \text{ m}$$

$$V_{elipsoidal} = 4,70 \text{ m}^3$$

La altura total del depósito es:

$$h_{total} = 2 \cdot h_{elipsoidal} + h_{cilindro} = 2 \cdot 0,83 + 6,6 = 8,26 \text{ m}$$

4.2.1. CÁLCULO DE LOS ESPESORES

Los datos básicos para el diseño de un recipiente a presión son:

- 1) Código a utilizar
- 2) Temperatura de diseño
- 3) Tipo de material
- 4) Corrosión
- 5) Coeficiente sísmico
- 6) Eficiencia de soldadura e inspección radiográfica
- 7) Tensión admisible a la temperatura de diseño
- 8) Presión de diseño

1) Código a utilizar

Para el cálculo de los recipientes a presión se usará la norma americana ASME, que en su Sección VIII, División 1, indica los métodos de diseño y cálculo, así como los requisitos mínimos exigidos a los materiales, detalles constructivos y pruebas que deben satisfacer los equipos a baja, media y alta presión.

2) Temperatura de diseño

Lo habitual es adoptar como temperatura de diseño el siguiente valor:

$$T = \text{máxima temperatura de operación} + 20 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Se considera una temperatura máxima de operación de $-6,5^\circ\text{C}$, por lo que la temperatura de diseño es de $13,5 \text{ } ^\circ\text{C}$.

3) Tipo de material

Todos los recipientes serán diseñados en acero inoxidable AISI -304, que posee las siguientes propiedades mecánicas:

4) Corrosión

Los recipientes o partes de los mismos que estén sujetos a corrosión deben tener un margen de espesor para lograr la vida deseada, aumentando convenientemente el espesor del material respecto al determinado por las fórmulas de diseño.

Según el *Manual de Recipientes a presión* un desgaste por corrosión de 5 milésimas de pulgada por año es satisfactorio para recipientes. Se asume un periodo de 10 años de vida útil del recipiente [*Tabla.A2.9. Vida útil de los equipos*]:

$$C = 0,005 \text{ (in)} \cdot 10 = 0,05 \text{ in}$$

5) Coeficiente sísmico

La acción sísmica no es uniforme en el globo terrestre, existiendo diversa probabilidad de producirse movimiento sísmico en unas zonas u otras y una diferente intensidad de movimiento en caso de producirse. Por lo tanto, mientras en unas zonas no es necesario tener en cuenta los posibles efectos de movimientos sísmicos a la hora de diseñar recipientes verticales, hay otras zonas en las que si es necesario prever tal posibilidad.

Al ser un proyecto para el marco de Jerez, no se tendrá en cuenta los posibles efectos de movimientos sísmicos a la hora de diseñar los distintos recipientes.

6) Eficiencia de soldadura e inspección radiográfica

La unión entre chapas se realiza, normalmente, por medio de la soldadura, y ésta representa una discontinuidad dentro del trazado de chapa que puede producir una intensificación local de las tensiones a las que se encuentra sometido el material. Esta razón, junto con la posibilidad de producirse defectos en la realización de la soldadura y el calentamiento y rápido enfriamiento al que está sometida la zona próxima a la soldadura, dan pie a considerar la zona de soldadura como debilitada.

Teniendo en cuenta este hecho, en el cálculo de los recipientes se introduce una reducción en la tensión máxima admisible multiplicando ésta por un coeficiente denominado eficiencia de la soldadura (E), cuyo valor varía según las normas o códigos, y de acuerdo a la soldadura y los controles efectuados sobre ella.

Se ha elegido una soldadura de tipo 1 con juntas a tope hechas por doble cordón de soldadura o por otro medio con el que se obtenga la misma calidad de metal de soldadura depositada sobre las superficies interior y exterior de la pieza, ya que no presenta ningún tipo de limitación a la hora de aplicar la soldadura.

Para este tipo 1, y considerando que se realizará una inspección radiográfica por zonas, se obtiene, según el *Manual de recipientes a presión*, una eficiencia de soldadura de 0,85.

7) Tensión máxima admisible a la temperatura de diseño

Los recipientes a presión se calculan con unos espesores de pared capaces de soportar sin deformación la presión a la que se verán sometidos.

Es decir, que la presión a la que trabaja el material sea inferior a la máxima tensión admisible del mismo. Esta tensión depende de las características del material y del coeficiente de seguridad que se adopte, variando con la temperatura de operación. Según las *Tablas.A2.10. y A2.11 Tensión máxima admisible para metales*, el acero inoxidable 304, a una temperatura de 13,5 °C (56,3 F), tienen una tensión máxima admisible de 20000 psi, es decir, de 1406 kg/cm².

8) Presión de diseño

La presión de diseño será la mayor de dos valores: 30 psi o 10% más de la presión de operación.

Para conocer la presión a la que se encuentra el líquido es necesario tener en cuenta la presión ejercida por la columna de líquido. Por lo tanto, hay que utilizar la expresión:

$$P = P_{operación} + P_{líquido} [1.4.6]$$

Donde:

Altura del vino (m) = 8,26 m

Densidad del vino (ρ) = 993 kg/m³

$P_{operación}$ = 14,70 p.s.i.

Por lo tanto $P_{\text{líquido}}$:

$$P_{\text{líquido}} = \frac{H\rho}{10^4}$$

$$\begin{aligned} P_{\text{líquido}} &= 8,26 \text{ (m)} \cdot 993 \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right) \cdot \frac{1}{10^4} \left(\frac{\text{m}^2}{\text{cm}^2}\right) = 0,82 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 11,66 \text{ p. s. i.} \end{aligned}$$

La presión de diseño quedaría:

$$P = 14,70 \text{ (p. s. i.)} + 11,66 \text{ (p. s. i.)} = 26,36 \text{ p. s. i.}$$

La presión de diseño se escoge de los siguientes dos valores:

$$P_{\text{diseño}} = 26,36 \text{ (p. s. i.)} \cdot 1,10 = 29,00 \text{ p. s. i.}$$

$$P_{\text{diseño}} = 30,00 \text{ p. s. i.}$$

Por lo tanto al ser necesario escoger el valor más alto, la presión de diseño es de **30 p.s.i.**

Se procede a continuación a calcular el valor de los espesores, para ello se comienza mostrando la nomenclatura que se utilizará:

- **t**: Espesor.
- **V**: Volumen del depósito.
- **T_{diseño}**: Temperatura de diseño.
- **D**: Diámetro interior.
- **P_{diseño}**: Presión de diseño.
- **S**: Tensión admisible a la temperatura de diseño.
- **E**: Eficiencia de soldadura.
- **E·S**: Máxima tensión admisible.
- **C**: Sobre-espesor normal para corrosión.
- **h**: Altura.

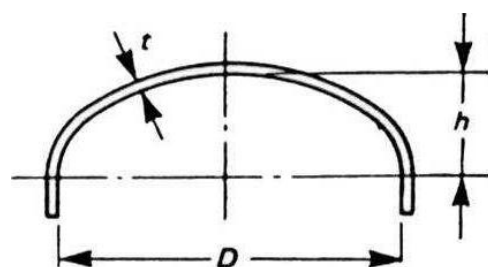
Las características de los depósitos son las siguientes:

Volumen (m³)	66,00	T_{diseño} (°C) / (F)	15,00 / 59,00
D (m) / (in)	3,30 / 129,92	C (mm) / (in)	1,27 / 0,05
h_{total} (m)	8,26	E	0,85
h_{cilindro} (m)	6,60	S (p.s.i.)	20000,00
h_{elipsoidal} (m) / (in)	0,83 / 32,68	E·S (p.s.i.)	17000,00
P_{diseño} (p.s.i.) / (kg/cm²)	30,00 / 2,11		

Se calcula los espesores de la cabeza elipsoidal, del cuerpo cilíndrico y del fondo elipsoidal.

Espesor de la cabeza elipsoidal

Al tratarse de una cabeza de tipo elipsoidal, puede aplicar la siguiente fórmula:



(a) Elipsoidal

Figura.A1.1. Cabeza elipsoidal

$$K = \frac{1}{6} \left[2 + \left(\frac{D}{2h_{elipsoidal}} \right)^2 \right] \quad [1.4.7]$$

Donde:

D: Diámetro interno del cilindro (in).

$h_{elipsoidal}$: Altura de la elipse (m).

Se procede al cálculo del factor K sustituyendo los datos en la ecuación anterior:

$$K \cong 1,00$$

Mediante la ecuación siguiente se calcula el espesor:

$$t = \left[\frac{P_{diseño} \cdot D \cdot K}{2 \cdot S \cdot E - 0,2P} \right] + C \quad [1.4.8]$$

$$t = \left[\frac{30 (p.s.i.) \cdot 129,92(in) \cdot 1}{2 \cdot 17000 (p.s.i.) - 0,2 \cdot 30(p.s.i.)} \right] + 0,05(in)$$

$$t = 0,16 \text{ pulgadas} \approx 4,06 \text{ mm}$$

Se procede al cálculo de las tensiones en la cabeza, estas tensiones no deben sobrepasar la tensión máxima admisible del material para el espesor anteriormente calculado. Si las tensiones fueran superiores se calcularía un nuevo espesor. Las expresiones a utilizar son:

$$\sigma_z = \frac{PD}{4t} \quad [1.4.9]$$

$$\sigma_\theta = \frac{PD}{2t} \quad [1.4.10]$$

Sustituyendo los valores conocidos:

$$\sigma_z = \frac{PD}{4t} = \frac{30 (psi) \cdot 129,92(in)}{4 \cdot 0,16 (in)} = 6090,00 p.s.i.$$

$$\sigma_{\theta} = \frac{PD}{2t} = \frac{30(\text{psi}) \cdot 129,92(\text{in})}{2 \cdot 0,16(\text{in})} = 12180,00 \text{ p. s. i.}$$

$$\sigma = \sqrt{\sigma_z^2 + \sigma_{\theta}^2} = 13617,65 \text{ p. s. i.}$$

Se obtiene una tensión aceptable, menor que $E \cdot S = 17000$ p.s.i. luego el espesor de la cabeza de 0,16 in es válido.

Espesor del cuerpo cilíndrico

Para el casco cilíndrico el espesor se calcula para dos tipos de esfuerzo: longitudinal y circunferencial. Las expresiones son las siguientes:

$$t_{long} = \frac{P_{diseño} \cdot R}{S \cdot E - 0,6 \cdot P_{diseño}} + C \quad [1.4.11]$$

$$t_{circ} = \frac{P_{diseño} \cdot R}{2 \cdot S \cdot E + 0,4 \cdot P_{diseño}} + C \quad [1.4.12]$$

Se procede al cálculo del espesor del casco cilíndrico:

$$t_{long} = \frac{30(\text{p. s. i.}) \cdot 64,96(\text{in})}{17000(\text{p. s. i.}) - 0,6 \cdot 30(\text{p. s. i.})} + 0,05(\text{in})$$

$$t = 0,16 \text{ pulgadas} \approx 4,06 \text{ mm}$$

$$t_{circ} = \frac{30(\text{p. s. i.}) \cdot 64,96(\text{in})}{2 \cdot 17000(\text{p. s. i.}) + 0,4 \cdot 30(\text{p. s. i.})} + 0,05(\text{in})$$

$$t = 0,11 \text{ pulgadas} \approx 2,79 \text{ mm}$$

Se toma como espesor del casco cilíndrico el de mayor valor, en este caso el debido al esfuerzo longitudinal. Cuyo valor es:

$$t = 0,16 \text{ pulgadas} \approx 4,06 \text{ mm}$$

Se procede al cálculo de las tensiones, estas tensiones no deben sobrepasar la tensión máxima admisible del material para el espesor anteriormente calculado. Si las tensiones fueran superiores se calcularía un nuevo espesor. Las expresiones a utilizar son las [1.4.9] y [1.4.10]:

$$\sigma_z = \frac{PD}{4t} = \frac{30 \text{ (psi)} \cdot 129,92 \text{ (in)}}{4 \cdot 0,16 \text{ (in)}} = 6090,00 \text{ p. s. i.}$$

$$\sigma_\theta = \frac{PD}{2t} = \frac{30 \text{ (psi)} \cdot 129,92 \text{ (in)}}{2 \cdot 0,16 \text{ (in)}} = 12180,00 \text{ p. s. i.}$$

$$\sigma = \sqrt{\sigma_z^2 + \sigma_\theta^2} = 13617,65 \text{ p. s. i.}$$

Todos los esfuerzos son menores a ES, luego el espesor de 0,16 pulgadas es válido.

Espesor del fondo elipsoidal

Al tratarse de un de tipo elipsoidal, se puede aplicar la misma fórmula que para la cabeza, la expresión [1.4.7]:

$$K = \frac{1}{6} \left[2 + \left(\frac{D}{2h_{elipsoidal}} \right)^2 \right]$$

Se procede al cálculo del factor K sustituyendo los datos en la ecuación anterior:

$$K \cong 1,00$$

La ecuación para el cálculo del espesor es la siguiente:

$$t = \left[\frac{P_{diseño} \cdot D \cdot K}{2 \cdot S \cdot E - 0,2P} \right] + C$$

$$t = \left[\frac{30 (p.s.i.) \cdot 129,92(in) \cdot 1}{2 \cdot 17000 (p.s.i.) - 0,2 \cdot 30(p.s.i.)} \right] + 0,05(in)$$

$$t=0,16 \text{ pulgadas} \approx 4,06 \text{ mm}$$

Se procede al cálculo de las tensiones en la cabeza, estas tensiones no deben sobrepasar la tensión máxima admisible del material para el espesor anteriormente calculado. Si las tensiones fueran superiores se calcularía un nuevo espesor. Se utiliza para el cálculo de las tensiones las expresiones [1.4.9] y [1.4.10]:

$$\sigma_z = \frac{PD}{4t} = \frac{30 (psi) \cdot 129,92(in)}{4 \cdot 0,16 (in)} = 6090,00 \text{ p.s.i.}$$

$$\sigma_\theta = \frac{PD}{2t} = \frac{30(psi) \cdot 129,92(in)}{2 \cdot 0,16 (in)} = 12180,00 \text{ p.s.i.}$$

$$\sigma = \sqrt{\sigma_z^2 + \sigma_\theta^2} = 13617,65 \text{ p.s.i.}$$

Se obtiene una tensión aceptable, menor que $E \cdot S = 17000$ p.s.i. luego el espesor de fondo de 0,16 pulgadas es válido.

4.3. DISEÑO GEOMÉTRICO DE LOS DEPÓSITOS DE 45000 LITROS

En la planta habrá un total de 2 depósitos con una capacidad por unidad de 45000 L, será de forma cilíndrico-elíptica, formado por un fondo con forma elipsoidal, un cilindro y una cabeza elipsoidal.

Las expresiones para el cálculo de los volúmenes son:

$$\text{Cilindro: } V_{cilindrico} = \pi \cdot r^2 \cdot h_{cil} \quad [1.4.1]$$

Donde:

V_{cil} : Volumen del cilindro (m^3).

r : Radio interno del cilindro (m).

h_{cil} : Altura del cilindro (m).

$$\text{Elipsoide: } V_{elipsoide} = \frac{\pi}{24} \cdot d^3 \quad [1.4.2]$$

Donde:

V_{elip} : Volumen de la elipse (m^3).

d : Diámetro interno de la elipse (m).

Se deben cumplir además la siguiente relación:

- La relación altura/diámetro [Troost, 1985] debe ser:

$$\frac{h_{cil}}{2r} = 2 \quad [1.4.3]$$

Se considera un aumento en la capacidad del depósito del 10% por motivos de seguridad:

$$V = 45 \, m^3 \cdot 1,10 = 49,5 \, m^3$$

Por lo tanto, conocida la forma geométrica del depósito y su capacidad, se procede a determinar las dimensiones pertinentes. Se plantea la ecuación que se describe a continuación:

$$2 \cdot V_{elip} + V_{cil} = 49,50 \text{ m}^3 \text{ [1.4.4]}$$

Sustituimos en esta ecuación las expresiones [1.4.1] y [1.4.2]:

$$2 \cdot \frac{\pi \cdot d^3}{24} + \pi \cdot r^2 \cdot h_{cil} = 49,50$$

$$2 \cdot \frac{\pi \cdot 8 \cdot r^3}{24} + \pi \cdot r^2 \cdot h_{cil} = 49,50$$

Sustituyendo en la altura del cilindro la relación expuesta en la ecuación [1.4.3] y operando, se obtiene el radio del depósito:

$$2 \cdot \frac{\pi \cdot 8 \cdot r^3}{24} + \pi \cdot r^2 \cdot 4r = 49,50$$

$$r = \sqrt[3]{\frac{49,5}{\frac{2 \cdot \pi \cdot 8}{24} + 4 \cdot \pi}} = 1,50 \text{ m}$$

Conocido el radio se procede al cálculo de las alturas y de los volúmenes. Para calcular la altura del cilindro se utiliza la relación [1.4.3]:

$$h_{cilindro} = 4 \cdot r = 4 \cdot 1,50 \text{ m} = 6,00 \text{ m}$$

Mediante la expresión [1.4.1] se obtiene el valor numérico del volumen del cilindro:

$$V_{cilindrico} = \pi \cdot r^2 \cdot h_{cil}$$

$$V_{cilindrico} = \pi \cdot 1,50^2 (\text{m}^2) \cdot 6,00 (\text{m}) = 42,43 \text{ m}^3$$

Para calcular la altura y el volumen del elipsoide (tanto del fondo como de la cabeza del depósito), se procede de la siguiente forma.

La altura del casquete es un cuarto del diámetro y el volumen es igual a $\pi/24 \cdot d^3$ [Ver Tabla.A2.1 Expresiones para las distintas cabezas de los depósitos]:

$$h_{elipsoidal} = \frac{d}{4} \quad [1.4.5]$$

$$V_{elipsoidal} = \frac{\pi}{24} \cdot d^3$$

Se procede al cálculo numérico:

$$h_{elipsoidal} = \frac{2 \cdot 1,50(m)}{4} = 0,75 \text{ m}$$

$$V_{elipsoidal} = \frac{\pi}{24} \cdot 8 \cdot 1,50^3(m^3) = 3,54 \text{ m}^3$$

En definitiva, el depósito tiene las siguientes dimensiones:

Cabeza elipsoidal:

$$r_{interno} = 1,50 \text{ m}$$

$$D_{interno} = 3,00 \text{ m}$$

$$h_{elipsoidal} = 0,75 \text{ m}$$

$$V_{elipsoidal} = 3,54 \text{ m}^3$$

Cuerpo cilíndrico:

$$r_{interno} = 1,50 \text{ m}$$

$$D_{interno} = 3,00 \text{ m}$$

$$h_{cilindro} = 6,00 \text{ m}$$

$$V_{cilindrico} = 42,43 \text{ m}^3$$

Fondo elipsoidal:

$$r_{interno} = 1,50 \text{ m}$$

$$D_{interno} = 3,00 \text{ m}$$

$$h_{elipsoidal} = 0,75 \text{ m}$$

$$V_{elipsoidal} = 3,54 \text{ m}^3$$

La altura total del depósito es:

$$h_{total} = 2 \cdot h_{elipsoidal} + h_{cilindro} = 2 \cdot 0,75 + 6,00 = 7,50 \text{ m}$$

4.3.1. CÁLCULO DE LOS ESPESORES

Los datos básicos para el diseño de un recipiente a presión son:

- 1) Código a utilizar
- 2) Temperatura de diseño
- 3) Tipo de material
- 4) Corrosión
- 5) Coeficiente sísmico
- 6) Eficiencia de soldadura e inspección radiográfica
- 7) Tensión admisible a la temperatura de diseño

8) Presión de diseño

1) Código a utilizar

Para el cálculo de los recipientes a presión se usará la norma americana ASME, que en su Sección VIII, División 1, indica los métodos de diseño y cálculo, así como los requisitos mínimos exigidos a los materiales, detalles constructivos y pruebas que deben satisfacer los equipos a baja, media y alta presión.

2) Temperatura de diseño

Lo habitual es adoptar como temperatura de diseño el siguiente valor:

$$T = \text{máxima temperatura de operación} + 20 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Se considera una temperatura máxima de operación de $-6,5^\circ\text{C}$, por lo que la temperatura de diseño es de $13,5 \text{ } ^\circ\text{C}$.

3) Tipo de material

Todos los recipientes serán diseñados en acero inoxidable AISI 304, que posee las siguientes propiedades mecánicas:

4) Corrosión

Los recipientes o partes de los mismos que estén sujetos a corrosión deben tener un margen de espesor para lograr la vida deseada, aumentando convenientemente el espesor del material respecto al determinado por las fórmulas de diseño.

Según el *Manual de recipientes a presión* un desgaste por corrosión de 5 milésimas de pulgada por año es satisfactorio para recipientes. Se asume un periodo de 10 años de vida útil del recipiente [*Figura.A2.9. Vida útil de los equipos*]:

$$C = 0,005 (in) \cdot 10 = 0,05 in$$

5) Coeficiente sísmico

La acción sísmica no es uniforme en el globo terrestre, existiendo diversa probabilidad de producirse movimiento sísmico en unas zonas u otras y una diferente intensidad de movimiento en caso de producirse. Por lo tanto, mientras en unas zonas no es necesario tener en cuenta los posibles efectos de movimientos sísmicos a la hora de diseñar recipientes verticales, hay otras zonas en las que si es necesario prever tal posibilidad.

Al ser un proyecto para el marco de Jerez, no se tendrá en cuenta los posibles efectos de movimientos sísmicos a la hora de diseñar los distintos recipientes.

6) Eficiencia de soldadura e inspección radiográfica

La unión entre chapas se realiza, normalmente, por medio de la soldadura, y ésta representa una discontinuidad dentro del trazado de chapa que puede producir una intensificación local de las tensiones a las que se encuentra sometido el material. Esta razón, junto con la posibilidad de producirse defectos en la realización de la soldadura y el calentamiento y rápido enfriamiento al que está sometida la zona próxima a la soldadura, dan pie a considerar la zona de soldadura como debilitada.

Teniendo en cuenta este hecho, en el cálculo de los recipientes se introduce una reducción en la tensión máxima admisible multiplicando ésta por un coeficiente denominado eficiencia de la soldadura (E), cuyo valor varía según las normas o códigos, y de acuerdo a la soldadura y los controles efectuados sobre ella.

Se ha elegido una soldadura de tipo 1, con juntas a tope hechas por doble cordón de soldadura o por otro medio con el que se obtenga la misma

calidad de metal de soldadura depositada sobre las superficies interior y exterior de la pieza, ya que no presenta ningún tipo de limitación a la hora de aplicar la soldadura.

Para este tipo 1, y considerando que se realizará una inspección radiográfica por zonas, se obtiene, según el *Manual de recipientes a presión*, una eficiencia de soldadura de 0,85.

7) Tensión máxima admisible a la temperatura de diseño

Los recipientes a presión se calculan con unos espesores de pared capaces de soportar sin deformación la presión a la que se verán sometidos.

Es decir, que la presión a la que trabaja el material sea inferior a la máxima tensión admisible del mismo. Esta tensión depende de las características del material y del coeficiente de seguridad que se adopte, variando con la temperatura de operación. Según las tablas *Tablas.A2.10. y A2.11 Tensión máxima admisible para metales*, el acero inoxidable 304, a una temperatura de 13,5 °C (56,3F), tienen una tensión máxima admisible de 20000 psi, es decir, de 1406 kg/cm².

8) Presión de diseño

La presión de diseño será la mayor de dos valores: 30 psi o 10% más de la presión de operación.

Para calcular la presión a la que está el líquido es necesario tener en cuenta la presión ejercida por la columna de líquido. Por lo tanto, hay que utilizar la expresión:

$$P = P_{operación} + P_{líquido} [1.4.6]$$

Donde:

Altura del vino (H) = 7,50 m

Densidad del vino (ρ) = 993 kg/m³

$P_{operación} = 14,70 \text{ p.s.i.}$

Por lo tanto $P_{líquido}$:

$$P_{líquido} = \frac{H\rho}{10^4}$$

$$\begin{aligned} P_{líquido} &= 7,50 (m) \cdot 993 \left(\frac{kg}{m^3}\right) \cdot \frac{1}{10^4} \left(\frac{m^2}{cm^2}\right) = 0,74 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 10,53 \text{ p.s.i.} \end{aligned}$$

La presión quedaría:

$$P = 14,70 (p.s.i.) + 10,53(p.s.i.) = 25,23 p.s.i.$$

La presión de diseño se escoge de los siguientes dos valores:

$$P_{diseño} = 25,23 (p.s.i.) \cdot 1,10 = 27,75 p.s.i.$$

$$P_{diseño} = 30,00 p.s.i.$$

Por lo tanto al ser necesario escoger el valor más alto, la presión de diseño es de **30 p.s.i.**

Se procede a continuación a calcular el valor de los espesores, para ello se comienza mostrando la nomenclatura que se utilizará:

- **t**: Espesor.
- **V**: Volumen del depósito.
- **T_{diseño}**: Temperatura de diseño.
- **D**: Diámetro interior.
- **P_{diseño}**: Presión de diseño.
- **S**: Tensión admisible a la temperatura de diseño.
- **E**: Eficiencia de soldadura.
- **E·S**: Máxima tensión admisible.

- C: Sobre-espesor normal para corrosión.
- h: Altura.

Las características de los depósitos son las siguientes:

Volumen (m³)	49,50	T_{diseño} (°C) / (F)	15,00 / 59,00
D (m) / (in)	3,00 / 118,11	C (mm) / (in)	1,27 / 0,05
h_{total} (m)	7,50	E	0,85
h_{cilindro} (m)	6,00	S (p.s.i.)	20000,00
h_{elipsoidal} (m) / (in)	0,75 / 29,53	E·S (p.s.i.)	17000,00
P_{diseño} (p.s.i.) / (kg/cm²)	30,00 / 2,11		

Se calcula los espesores de la cabeza elipsoidal, del cuerpo cilíndrico y del fondo elipsoidal.

Espesor de la cabeza elipsoidal

Al tratarse de una cabeza de tipo elipsoidal *Figura.A1.1. Cabeza elipsoidal*, puede aplicar la siguiente fórmula:

$$K = \frac{1}{6} \left[2 + \left(\frac{D}{2h_{elipsoidal}} \right)^2 \right] \quad [1.4.7]$$

Donde:

D: Diámetro interno del cilindro (in).

$h_{\text{elipsoidal}}$: Altura de la elipse (m).

Se procede al cálculo del factor K sustituyendo los datos en la ecuación anterior:

$$K=1,00$$

Mediante la ecuación siguiente se calcula el espesor:

$$t = \left[\frac{P_{\text{diseño}} \cdot D \cdot K}{2 \cdot S \cdot E - 0,2P} \right] + C \quad [1.4.8]$$

$$t = \left[\frac{30 \text{ (p.s.i.)} \cdot 118,11(\text{in}) \cdot 1}{2 \cdot 17000 \text{ (p.s.i.)} - 0,2 \cdot 30(\text{p.s.i.})} \right] + 0,05(\text{in})$$

$$t = 0,15 \text{ pulgadas} \approx 3,91\text{mm}$$

Se procede al cálculo de las tensiones en la cabeza, estas tensiones no deben sobrepasar la tensión máxima admisible del material para el espesor anteriormente calculado. Si las tensiones fueran superiores se calcularía un nuevo espesor.

Las expresiones a utilizar son:

$$\sigma_z = \frac{PD}{4t} \quad [1.4.9]$$

$$\sigma_\theta = \frac{PD}{2t} \quad [1.4.10]$$

Sustituyendo los valores conocidos:

$$\sigma_z = \frac{PD}{4t} = \frac{30 \text{ (psi)} \cdot 118,11(\text{in})}{4 \cdot 0,15 \text{ (in)}} = 5752,11 \text{ p.s.i.}$$

$$\sigma_{\theta} = \frac{PD}{2t} = \frac{30(\text{psi}) \cdot 118,11(\text{in})}{2 \cdot 0,15 (\text{in})} = 11504,22 \text{ p.s.i.}$$

$$\sigma = \sqrt{\sigma_z^2 + \sigma_{\theta}^2} = 12862,11 \text{ p.s.i.}$$

Se obtiene una tensión aceptable, menor que $E \cdot S = 17000$ p.s.i. luego el espesor de la cabeza de 0,15 pulgadas es válido.

Espesor del cuerpo cilíndrico

Para el casco cilíndrico el espesor se calcula para dos tipos de esfuerzo: longitudinal y circunferencial. Las expresiones son las siguientes:

$$t_{long} = \frac{P_{diseño} \cdot R}{S \cdot E - 0,6 \cdot P_{diseño}} + C \quad [1.4.11]$$

$$t_{circ} = \frac{P_{diseño} \cdot R}{2 \cdot S \cdot E + 0,4 \cdot P_{diseño}} + C \quad [1.4.12]$$

Se procede al cálculo del espesor del casco cilíndrico:

$$t_{long} = \frac{30 (\text{p.s.i.}) \cdot 59,06(\text{in})}{17000(\text{p.s.i.}) - 0,6 \cdot 30(\text{p.s.i.})} + 0,05(\text{in})$$

$$t = 0,15 \text{ pulgadas} \approx 3,91 \text{ mm}$$

$$t_{circ} = \frac{30 (\text{p.s.i.}) \cdot 59,06(\text{in})}{2 \cdot 17000(\text{p.s.i.}) + 0,4 \cdot 30(\text{p.s.i.})} + 0,05 (\text{in})$$

$$t = 0,10 \text{ pulgadas} \approx 2,59 \text{ mm}$$

Se toma como espesor del casco cilíndrico el de mayor valor, en este caso el debido al esfuerzo longitudinal. Cuyo valor es:

$$\mathbf{t = 0,15 \text{ pulgadas} \approx 3,91 \text{ mm}}$$

Se procede al cálculo de las tensiones, estas tensiones no deben sobrepasar la tensión máxima admisible del material para el espesor anteriormente calculado. Si las tensiones fueran superiores se calcularía un nuevo espesor.

Se utiliza para el cálculo de las tensiones las expresiones [1.4.9] y [1.4.10]:

$$\sigma_z = \frac{PD}{4t} = \frac{30 \text{ (psi)} \cdot 118,11 \text{ (in)}}{4 \cdot 0,15 \text{ (in)}} = 5752,11 \text{ p. s. i.}$$

$$\sigma_\theta = \frac{PD}{2t} = \frac{30 \text{ (psi)} \cdot 118,11 \text{ (in)}}{2 \cdot 0,15 \text{ (in)}} = 11504,22 \text{ p. s. i.}$$

$$\sigma = \sqrt{\sigma_z^2 + \sigma_\theta^2} = 12862,11 \text{ p. s. i.}$$

Todos los esfuerzos son menores a ES, luego el espesor de 0,15 pulgadas es válido.

Espesor del fondo elipsoidal

Al tratarse de un de tipo elipsoidal, se puede aplicar la misma fórmula que para la cabeza, la expresión [1.4.7]:

$$K = \frac{1}{6} \left[2 + \left(\frac{D}{2h_{elipsoidal}} \right)^2 \right]$$

Se procede al cálculo del factor K sustituyendo los datos en la ecuación anterior:

$$K=1,00$$

La ecuación para el cálculo del espesor es la siguiente:

$$t = \left[\frac{P_{diseño} \cdot D \cdot K}{2 \cdot S \cdot E - 0,2P} \right] + C$$

$$t = \left[\frac{30 \text{ (p.s.i.)} \cdot 118,11(\text{in}) \cdot 1}{2 \cdot 17000 \text{ (p.s.i.)} - 0,2 \cdot 30(\text{p.s.i.})} \right] + 0,05(\text{in})$$

$$t = 0,15 \text{ pulgadas} \approx 3,91\text{mm}$$

Se procede al cálculo de las tensiones en la cabeza, estas tensiones no deben sobrepasar la tensión máxima admisible del material para el espesor anteriormente calculado. Si las tensiones fueran superiores se calcularía un nuevo espesor.

Se utiliza para el cálculo de las tensiones las expresiones [1.4.9] y [1.4.10]:

$$\sigma_z = \frac{PD}{4t} = \frac{30 \text{ (psi)} \cdot 118,11(\text{in})}{4 \cdot 0,15 \text{ (in)}} = 5752,11 \text{ p.s.i.}$$

$$\sigma_\theta = \frac{PD}{2t} = \frac{30(\text{psi}) \cdot 118,11(\text{in})}{2 \cdot 0,15 \text{ (in)}} = 11504,22 \text{ p.s.i.}$$

$$\sigma = \sqrt{\sigma_z^2 + \sigma_\theta^2} = 12862,11 \text{ p.s.i.}$$

Se obtiene una tensión aceptable, menor que $E \cdot S = 17000 \text{ p.s.i.}$ luego el espesor de la cabeza de 0,15 pulgadas es válido.

4.4. DISEÑO GEOMÉTRICO DE LOS DEPÓSITOS DE 15000 LITROS

En la planta habrá un total de 2 depósitos con una capacidad por unidad de 15000 L, será de forma cilíndrico-elíptica, formado por un fondo con forma elipsoidal, un cilindro y una cabeza elipsoidal.

Las expresiones para el cálculo de los volúmenes son:

$$\text{Cilindro: } V_{cilindrico} = \pi \cdot r^2 \cdot h_{cil} \quad [1.4.1]$$

Donde:

V_{cil} : Volumen del cilindro (m^3).

r : Radio interno del cilindro (m).

h_{cil} : Altura del cilindro (m).

$$\text{Elipsoide: } V_{elipsoide} = \frac{\pi}{24} \cdot d^3 \quad [1.4.2]$$

Donde:

V_{elip} : Volumen de la elipse (m^3).

d : Diámetro interno de la elipse (m).

Se deben cumplir además la siguiente relación:

- La relación altura/diámetro [Troost,1985] debe ser:

$$\frac{h_{cil}}{2r} = 2 \quad [1.4.3]$$

Se considera un aumento en la capacidad del depósito del 10% por motivos de seguridad:

$$V = 15 \text{ m}^3 \cdot 1,10 = 16,50 \text{ m}^3$$

Por lo tanto, conocida la forma geométrica del depósito y su capacidad, se procede a determinar las dimensiones pertinentes. Se plantea la ecuación que se describe a continuación:

$$2 \cdot V_{elip} + V_{cil} = 16,50 \text{ m}^3 \text{ [1.4.4]}$$

Sustituimos en esta ecuación las expresiones [1.4.1] y [1.4.2]:

$$2 \cdot \frac{\pi \cdot d^3}{24} + \pi \cdot r^2 \cdot h_{cil} = 16,50$$

$$2 \cdot \frac{\pi \cdot 8 \cdot r^3}{24} + \pi \cdot r^2 \cdot h_{cil} = 16,50$$

Sustituyendo en la altura del cilindro la relación expuesta en la ecuación [1.4.3] y operando, se obtiene el radio del depósito:

$$2 \cdot \frac{\pi \cdot 8 \cdot r^3}{24} + \pi \cdot r^2 \cdot 4r = 16,50$$

$$r = \sqrt[3]{\frac{16,5}{\frac{2 \cdot \pi \cdot 8}{24} + 4 \cdot \pi}} = 1,04 \text{ m}$$

Conocido el radio se procede al cálculo de las alturas y de los volúmenes. Para calcular la altura del cilindro se utiliza la relación [1.4.3]:

$$h_{cilindro} = 4 \cdot r = 4 \cdot 1,04 \text{ m} = 4,16 \text{ m}$$

Mediante la expresión [1.4.1] se obtiene el valor numérico del volumen del cilindro:

$$V_{cilindrico} = \pi \cdot r^2 \cdot h_{cil}$$

$$V_{cilindrico} = \pi \cdot 1,04^2(m^2) \cdot 4,16 (m) = 14,14 m^3$$

Para calcular la altura y el volumen del elipsoide (tanto del fondo como de la cabeza del depósito), se procede de la siguiente forma.

La altura del casquete es un cuarto del diámetro y el volumen es igual a $\pi/24 \cdot d^3$ [Ver Tabla.A2.1 Expresiones para las distintas cabezas de los depósitos]:

$$h_{elipsoidal} = \frac{d}{4} \text{ [1.4.5]}$$

$$V_{elipsoidal} = \frac{\pi}{24} \cdot d^3$$

Se procede al cálculo numérico:

$$h_{elipsoidal} = \frac{2 \cdot 1,04(m)}{4} = 0,52 m$$

$$V_{elipsoidal} = \frac{\pi}{24} \cdot 8 \cdot 1,04^3(m^3) = 1,18 m^3$$

En definitiva, el depósito tiene las siguientes dimensiones:

Cabeza elipsoidal:

$$r_{interno} = 1,04 m$$

$$D_{interno} = 2,08 m$$

$$h_{elipsoidal} = 0,52 m$$

$$V_{elipsoidal} = 1,18 m^3$$

Cuerpo cilíndrico:

$$r_{interno} = 1,04 \text{ m}$$

$$D_{interno} = 2,08 \text{ m}$$

$$h_{cilindro} = 4,16 \text{ m}$$

$$V_{cilindrico} = 14,14 \text{ m}^3$$

Fondo elipsoidal:

$$r_{interno} = 1,04 \text{ m}$$

$$D_{interno} = 2,08 \text{ m}$$

$$h_{elipsoidal} = 0,52 \text{ m}$$

$$V_{elipsoidal} = 1,18 \text{ m}^3$$

La altura total del depósito es:

$$h_{total} = 2 \cdot h_{elipsoidal} + h_{cilindro} = 2 \cdot 0,52 + 4,16 = 5,20 \text{ m}$$

4.4.1. CÁLCULO DE LOS ESPESORES

Los datos básicos para el diseño de un recipiente a presión son:

- 1) Código a utilizar
- 2) Temperatura de diseño
- 3) Tipo de material
- 4) Corrosión máxima admisible
- 5) Coeficiente sísmico
- 6) Eficiencia de soldadura e inspección radiográfica
- 7) Tensión admisible a la temperatura de diseño
- 8) Presión de diseño

1) Código a utilizar

Para el cálculo de los recipientes a presión se usará la norma americana ASME, que en su Sección VIII, División 1, indica los métodos de diseño y cálculo, así como los requisitos mínimos exigidos a los materiales, detalles constructivos y pruebas que deben satisfacer los equipos a baja, media y alta presión.

2) Temperatura de diseño

Lo habitual es adoptar como temperatura de diseño el siguiente valor:

T: máxima temperatura de operación + 20 °C

Se considera una temperatura máxima de operación de -6,5°C, por lo que la temperatura de diseño es de 13,5 °C.

3) Tipo de material

Todos los recipientes serán diseñados en acero inoxidable AISI 304, que posee las siguientes propiedades mecánicas:

4) Corrosión

Los recipientes o partes de los mismos que estén sujetos a corrosión deben tener un margen de espesor para lograr la vida deseada, aumentando convenientemente el espesor del material respecto al determinado por las fórmulas de diseño.

Según el *Manual de recipientes a presión* un desgaste por corrosión de 5 milésimas de pulgada por año es satisfactorio para recipientes. Se asume un periodo de 10 años de vida útil del recipiente [*Figura.A2.9. Vida útil de los equipos*]:

$$C = 0,005 (in) \cdot 10 = 0,05 in$$

5) Coeficiente sísmico

La acción sísmica no es uniforme en el globo terrestre, existiendo diversa probabilidad de producirse movimiento sísmico en unas zonas u otras y una diferente intensidad de movimiento en caso de producirse. Por lo tanto, mientras en unas zonas no es necesario tener en cuenta los posibles efectos de movimientos sísmicos a la hora de diseñar recipientes verticales, hay otras zonas en las que si es necesario prever tal posibilidad.

Al ser un proyecto para el marco de Jerez, no se tendrá en cuenta los posibles efectos de movimientos sísmicos a la hora de diseñar los distintos recipientes.

6) Eficiencia de soldadura e inspección radiográfica

La unión entre chapas se realiza, normalmente, por medio de la soldadura, y ésta representa una discontinuidad dentro del trazado de chapa que puede producir una intensificación local de las tensiones a las que se encuentra sometido el material. Esta razón, junto con la posibilidad de producirse defectos en la realización de la soldadura y el calentamiento y rápido enfriamiento al que está sometida la zona próxima a la soldadura, dan pie a considerar la zona de soldadura como debilitada.

Teniendo en cuenta este hecho, en el cálculo de los recipientes se introduce una reducción en la tensión máxima admisible multiplicando ésta por un coeficiente denominado eficiencia de la soldadura (E), cuyo valor varía según las normas o códigos, y de acuerdo a la soldadura y los controles efectuados sobre ella.

Se ha elegido una soldadura de tipo 1, con juntas a tope hechas por doble cordón de soldadura o por otro medio con el que se obtenga la misma calidad de metal de soldadura depositada sobre las superficies interior y exterior de la pieza, ya que no presenta ningún tipo de limitación a la hora de aplicar la soldadura.

Para este tipo 1, y considerando que se realizará una inspección radiográfica por zonas, se obtiene, según el *Manual de recipientes a presión*, una eficiencia de soldadura de 0,85.

7) Tensión máxima admisible a la temperatura de diseño

Los recipientes a presión se calculan con unos espesores de pared capaces de soportar sin deformación la presión a la que se verán sometidos.

Es decir, que la presión a la que trabaja el material sea inferior a la máxima tensión admisible del mismo. Esta tensión depende de las características del material y del coeficiente de seguridad que se adopte, variando con la temperatura de operación. Según las tablas *Tablas.A2.10. y A2.11 Tensión máxima admisible para metales*, el acero inoxidable 304, a una temperatura de 13,5 °C (56,30 F), tienen una tensión máxima admisible de 20000 psi, es decir, de 1406 kg/cm².

8) Presión de diseño

La presión de diseño será la mayor de dos valores: 30 psi o 10% más de la presión de operación.

Para conocer a la presión a la que se encuentra el líquido es necesario tener en cuenta la presión ejercida por la columna del líquido. Por lo tanto, hay que utilizar la expresión:

$$P = P_{operación} + P_{líquido} \quad [1.4.6]$$

Donde:

Altura del vino (H) = 5,20 m

Densidad del vino (ρ) = 993 kg/m³

$P_{operación}$ = 14,70 p.s.i.

Por lo tanto $P_{\text{líquido}}$:

$$P_{\text{líquido}} = \frac{H\rho}{10^4}$$

$$\begin{aligned} P_{\text{líquido}} &= 5,20 \text{ (m)} \cdot 993 \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right) \cdot \frac{1}{10^4} \left(\frac{\text{m}^2}{\text{cm}^2}\right) = 0,52 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 7,40 \text{ p. s. i.} \end{aligned}$$

La presión de diseño quedaría:

$$P = 14,70 \text{ (p. s. i.)} + 7,40 \text{ (p. s. i.)} = 22,10 \text{ p. s. i.}$$

La presión de diseño se escoge de los siguientes dos valores:

$$P_{\text{diseño}} = 22,10 \text{ (p. s. i.)} \cdot 1,10 = 24,31 \text{ p. s. i.}$$

$$P_{\text{diseño}} = 30,00 \text{ p. s. i.}$$

Por lo tanto al ser necesario escoger el valor más alto, la presión de diseño es de **30 p.s.i.**

Se procede a continuación a calcular el valor de los espesores, para ello se comienza mostrando la nomenclatura que se utilizará:

- **t**: Espesor.
- **V**: Volumen del depósito.
- **T_{diseño}**: Temperatura de diseño.
- **D**: Diámetro interior.
- **P_{diseño}**: Presión de diseño.

- **S:** Tensión admisible a la temperatura de diseño.
- **E:** Eficiencia de soldadura.
- **E·S:** Máxima tensión admisible.
- **C:** Sobre-espesor normal para corrosión.
- **h:** Altura.

Las características de los depósitos son las siguientes:

Volumen (m³)	16,50	T_{diseño} (°C) / (F)	15,00 / 59,00
D (m) / (in)	2,08 / 81,89	C (mm) / (in)	1,27 / 0,05
h_{total} (m)	5,20	E	0,85
h_{cilindro} (m)	4,16	S (p.s.i.)	20000,00
h_{elipsoidal} (m) / (in)	0,52 / 20,47	E·S (p.s.i.)	17000,00
P_{diseño} (p.s.i.) / (kg/cm²)	30,00 / 2,11		

Se calcula los espesores de la cabeza elipsoidal, del cuerpo cilíndrico y del fondo elipsoidal.

ESPESOR DE LA CABEZA ELIPSOIDAL

Al tratarse de una cabeza de tipo elipsoidal *Figura.A1.1. Cabeza elipsoidal*, puede aplicar la siguiente fórmula:

$$K = \frac{1}{6} \left[2 + \left(\frac{D}{2h_{elipsoidal}} \right)^2 \right] \quad [1.4.7]$$

Donde:

D: Diámetro interno del cilindro (in).

$h_{elipsoidal}$: Altura de la elipse (m).

Se procede al cálculo del factor K sustituyendo los datos en la ecuación anterior:

$$K=1,00$$

Mediante la ecuación siguiente se calcula el espesor:

$$t = \left[\frac{P_{diseño} \cdot D \cdot K}{2 \cdot S \cdot E - 0,2P} \right] + C \quad [1.4.8]$$

$$t = \left[\frac{30 \text{ (p.s.i.)} \cdot 81,89 \text{ (in)} \cdot 1}{2 \cdot 17000 \text{ (p.s.i.)} - 0,2 \cdot 30 \text{ (p.s.i.)}} \right] + 0,05 \text{ (in)}$$

$$t = 0,12 \text{ pulgadas} \approx 3,05 \text{ mm}$$

Se procede al cálculo de las tensiones en la cabeza, estas tensiones no deben sobrepasar la tensión máxima admisible del material para el espesor anteriormente calculado. Si las tensiones fueran superiores se calcularía un nuevo espesor.

Las expresiones a utilizar son:

$$\sigma_z = \frac{PD}{4t} \quad [1.4.9]$$

$$\sigma_{\theta} = \frac{PD}{2t} \quad [1.4.10]$$

Sustituyendo los valores conocidos:

$$\sigma_z = \frac{PD}{4t} = \frac{30 \text{ (psi)} \cdot 81,89 \text{ (in)}}{4 \cdot 0,12 \text{ (in)}} = 5118,12 \text{ p. s. i.}$$

$$\sigma_{\theta} = \frac{PD}{2t} = \frac{30 \text{ (psi)} \cdot 81,89 \text{ (in)}}{2 \cdot 0,12 \text{ (in)}} = 10236,25 \text{ p. s. i.}$$

$$\sigma = \sqrt{\sigma_z^2 + \sigma_{\theta}^2} = 11444,47 \text{ p. s. i.}$$

Se obtiene una tensión aceptable, menor que $E \cdot S = 17000$ p.s.i. luego el espesor de la cabeza de 0,12 pulgadas es válido.

ESPESOR DEL CUERPO CILÍNDRICO

Para el casco cilíndrico el espesor se calcula para dos tipos de esfuerzo: longitudinal y circunferencial. Las expresiones son las siguientes:

$$t_{long} = \frac{P_{diseño} \cdot R}{S \cdot E - 0,6 \cdot P_{diseño}} + C \quad [1.4.11]$$

$$t_{circ} = \frac{P_{diseño} \cdot R}{2 \cdot S \cdot E + 0,4 \cdot P_{diseño}} + C \quad [1.4.12]$$

Se procede al cálculo del espesor del casco cilíndrico:

$$t_{long} = \frac{30 \text{ (p. s. i.)} \cdot 40,95 \text{ (in)}}{17000 \text{ (p. s. i.)} - 0,6 \cdot 30 \text{ (p. s. i.)}} + 0,05 \text{ (in)}$$

$$t = 0,12 \text{ pulgadas} \approx 3,05 \text{ mm}$$

$$t_{circ} = \frac{30 \text{ (p.s.i.)} \cdot 40,95 \text{ (in)}}{2 \cdot 17000 \text{ (p.s.i.)} + 0,4 \cdot 30 \text{ (p.s.i.)}} + 0,05 \text{ (in)}$$

$$t = 0,086 \text{ pulgadas} \approx 2,18 \text{ mm}$$

Se toma como espesor del casco cilíndrico el de mayor valor, en este caso el debido al esfuerzo longitudinal. Cuyo valor es:

$$t = 0,12 \text{ pulgadas} \approx 3,05 \text{ mm}$$

Se procede al cálculo de las tensiones, estas tensiones no deben sobrepasar la tensión máxima admisible del material para el espesor anteriormente calculado. Si las tensiones fueran superiores se calcularía un nuevo espesor.

Se utiliza para el cálculo de las tensiones las expresiones [1.4.9] y [1.4.10]:

$$\sigma_z = \frac{PD}{4t} = \frac{30 \text{ (psi)} \cdot 81,89 \text{ (in)}}{4 \cdot 0,12 \text{ (in)}} = 5118,12 \text{ p.s.i.}$$

$$\sigma_\theta = \frac{PD}{2t} = \frac{30 \text{ (psi)} \cdot 81,89 \text{ (in)}}{2 \cdot 0,12 \text{ (in)}} = 10236,25 \text{ p.s.i.}$$

$$\sigma = \sqrt{\sigma_z^2 + \sigma_\theta^2} = 11444,47 \text{ p.s.i.}$$

Se obtiene una tensión aceptable, menor que E.S=17000 p.s.i. luego el espesor de la cabeza de 0,12 pulgadas es válido.

ESPESOR DEL FONDO ELIPSOIDAL

Al tratarse de un de tipo elipsoidal, se puede aplicar la misma fórmula que para la cabeza, la expresión [1.4.7]:

$$K = \frac{1}{6} \left[2 + \left(\frac{D}{2h_{elipsoidal}} \right)^2 \right]$$

Se procede al cálculo del factor K sustituyendo los datos en la ecuación anterior:

$$K=1,00$$

La ecuación para el cálculo del espesor es la siguiente:

$$t = \left[\frac{P_{diseño} \cdot D \cdot K}{2 \cdot S \cdot E - 0,2P} \right] + C$$
$$t = \left[\frac{30 (p.s.i.) \cdot 81,89 (in) \cdot 1}{2 \cdot 17000 (p.s.i.) - 0,2 \cdot 30(p.s.i.)} \right] + 0,05(in)$$

$$t = 0,12 \text{ pulgadas} \approx 3,05 \text{ mm}$$

Se procede al cálculo de las tensiones en la cabeza, estas tensiones no deben sobrepasar la tensión máxima admisible del material para el espesor anteriormente calculado. Si las tensiones fueran superiores se calcularía un nuevo espesor.

Se utiliza para el cálculo de las tensiones las expresiones [1.4.9] y [1.4.10]:

$$\sigma_z = \frac{PD}{4t} = \frac{30 (psi) \cdot 81,89(in)}{4 \cdot 0,12 (in)} = 5118,12 p.s.i.$$
$$\sigma_\theta = \frac{PD}{2t} = \frac{30(psi) \cdot 81,89(in)}{2 \cdot 0,12 (in)} = 10236,25 p.s.i.$$
$$\sigma = \sqrt{\sigma_z^2 + \sigma_\theta^2} = 11444,47 p.s.i.$$

Se obtiene una tensión aceptable, menor que E·S=17000 p.s.i. luego el espesor de la cabeza de 0,12 pulgadas es válido.

5. AISLAMIENTO DE LA CÁMARA ISOTÉRMICA

5.1. INTRODUCCIÓN

La cámara dispondrá de muros de fábricas (su diseño no es objeto del presente proyecto) y a ella se le añade la barrera antivapor, el material aislante y se recubre con el revestimiento.

Cada capa posee una función específica, siendo cada una de ellas las siguientes:

- Barrera antivapor: Impedir la penetración de agua hacia el aislante, ya que este fenómeno haría subir la conductividad térmica del aislante y por lo tanto empeoraría el rendimiento de éste.
- Aislante: Impedir la disipación del calor, evitando que se escape el calor hacia el exterior. Para ello se emplea materiales con baja conductividad térmica, conocidos como aislantes.
- Revestimiento: Dar consistencia mecánica a las capas anteriormente mencionadas.

La descripción más detallada de estas capas se encuentra en el apartado *3.5. Cámara isotérmica de la Memoria Descriptiva*.

La importancia del aislamiento es, en la actualidad, muy elevada debido a la falta de recursos energéticos y a los elevados costes de la energía, por lo que el ingeniero debe evaluar el cometido del aislamiento así como sus condiciones más económicas.

5.2. DIMENSIONAMIENTO DE LA BARRERA ANTIVAPOR

Se elegirá la Hoja de Aluminio debido a la buena resistencia al vapor que presenta. Por lo tanto esta tendrá 8 μm de espesor y una dimensiones equivalentes a la de la cámara (longitud de 21 m, ancho de 13 m y alto de 10 m) (*Tabla.4.2. Diferentes barreras antivapor y su característica principales*).

Los detalles de la selección se encuentran en el apartado 4.5.1. *Barrera antivapor de la Memoria Descriptiva*.

5.3. MATERIAL DE AISLAMIENTO

Se optara por el Poliestireno (*Ver apartado 4.5.2. Material aislante de la Memoria Descriptiva*).

Sus propiedades son las siguientes:

	Estructura	Máxima temperatura admisible (°C)	Peso específico aproximado (kg/m³)	Conductividad térmica (Kcal/m·h·°C)
Poliestireno extruido	Celular	85	33	0,026

Tabla.A1.1. Propiedades del poliestireno extruido

5.3.1. CÁLCULO DEL ESPESOR DEL MATERIAL DE AISLAMIENTO

En el cálculo de las cámaras frigoríficas se permite como máximo unas pérdidas de frío a través de los paramentos, del orden de 8 W/m² o 7 kcal/m²·h, que deben ser compensadas con la ayuda de un grupo de frío de

refrigeración ambiental. De tal manera que la cantidad de frigorías pérdidas se estima como sigue:

$$Q = K \cdot \Delta T \text{ [1.5.1]}$$

Donde:

Q: Calor total que atraviesa la pared por unidad de tiempo (kcal/m²·h).

K: Coeficiente global de transmisión de calor (kcal/h·m²·°C).

ΔT: Diferencia de temperaturas entre el exterior y el interior (°C).

Se hace diferencia entre la pared, el techo y el suelo de la cámara isotérmica debido a que la temperatura del exterior es diferente.

5.3.1.1. CÁLCULO DEL ESPESOR DEL AISLAMIENTO TÉRMICO DE LAS PAREDES

Para calcular el espesor necesario de aislante en las paredes de la cámara isotérmica se necesita conocer la temperatura exterior de cálculo. Para ello se parte de la siguiente ecuación:

$$T_{ec} = 0,4 \cdot T_{media} + 0,6 \cdot T_{máxima} \text{ [1.5.2]}$$

Donde:

T_{ec}: Temperatura exterior de cálculo (°C).

T_{media}: Temperatura media del mes más cálido (°C).

T_{máxima}: Temperatura máxima del mes más cálido (°C).

Se toma como temperatura media el valor de 33 °C y como temperatura máxima 38 °C (*Ver apartado 2.2.1. Climatología de la Memoria Descriptiva*). Sustituyendo los datos en la ecuación [1.5.2]:

$$T_{ec} = 0,4 \cdot 33,00 \text{ (}^\circ\text{C)} + 0,6 \cdot 38,00 \text{ (}^\circ\text{C)} = 36,00 \text{ }^\circ\text{C}$$

Se toma como temperatura en el interior de la cámara $-6,5^{\circ}\text{C}$, que es el caso de la estabilización tartárica del presente proyecto [Ver apartado 1. Cálculo de la temperatura de tratamiento del presente Anexo].

Con los datos mencionados y utilizando la expresión [1.5.1] de la cual se ha despejado el coeficiente global de transmisión de calor, se obtiene:

$$K = \frac{Q}{\Delta T} = \frac{7 \left(\frac{\text{kcal}}{\text{m}^2 \cdot \text{h}} \right)}{(36 - (-6,5)) (^{\circ}\text{C})} = 0,16 \frac{\text{kcal}}{\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^{\circ}\text{C}}$$

El coeficiente global de transmisión de calor ($\text{kcal}/^{\circ}\text{C} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{h}$) de un determinado material o conjunto de materiales que forman una pared, puede ser calculado con la siguiente expresión:

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{h_i} + \sum_{i=1}^n \frac{e_i}{\lambda_i} + \frac{1}{h_e} \quad [1.5.3]$$

Dónde:

K: Coeficiente global de transmisión de calor ($\text{kcal}/\text{h} \cdot \text{m}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}$).

h_i y h_e : Coeficientes globales por transmisión de calor por convección y radiación, en la cara interna y externa respectivamente, de la pared ($\text{kcal}/^{\circ}\text{C} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{h}$).

e_i : Espesor de cada uno de los materiales que componen el paramento (m).

λ_i : Conductividad térmica de cada uno de los materiales que componen el paramento ($\text{kcal}/^{\circ}\text{C} \cdot \text{m} \cdot \text{h}$).

En la práctica, debido a que con el tiempo los materiales que componen el paramento pueden humedecerse aumentando por tanto su conductividad térmica se suele desprestigiar los espesores de las distintas capas que forman el paramento, a excepción de la capa de aislante que es por tanto la única considerada, simplificándose de esta forma el problema. La expresión quedaría:

$$\frac{1}{K} = \frac{e}{\lambda} + \left(\frac{1}{h_i} + \frac{1}{h_e} \right) \quad [1.5.4]$$

Para obtener el valor de h_e se hace uso de la *Tabla.A2.2. Coeficiente superficial exterior de transmisión de calor*. Se considera que la cámara isotérmica esta en el interior de la bodega por tanto la velocidad del aire es 0 m/s y la h_e toma el valor de 5,5 kcal/°C·m²·h.

El valor de h_i esta comprendido entre 200 y 400 kcal/°C·m²·h [*Hidalgo Togores, 2003*], por tanto se escoge el valor medio, siendo este el valor numérico de 300 kcal/°C·m²·h.

La conductividad térmica del poliestireno extruido oscila entre los siguientes valores 0,024-0,028 (kcal/(m·h·°C)) [*Colegio Oficial de Ingenieros Agronomos de Murcia, 1993*]. Se toma para el cálculo de los espesores de la cámara isotérmica del presente proyecto, el valor de 0,026kcal/(m·h·°C).

Despejando el espesor (e) de la ecuación [1.5.4] y sustituyendo los datos conocidos, se obtiene:

$$e = \left(\frac{1}{K} - \frac{1}{h_i} - \frac{1}{h_e} \right) \cdot \lambda$$

$$e = \left(\frac{1}{0,16 \left(\frac{\text{kcal}}{\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{°C}} \right)} - \frac{1}{300 \left(\frac{\text{kcal}}{\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{°C}} \right)} - \frac{1}{5,5 \left(\frac{\text{kcal}}{\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{°C}} \right)} \right) \cdot 0,026 \left(\frac{\text{kcal}}{\text{m} \cdot \text{h} \cdot \text{°C}} \right)$$

$$e \cong 0,16m$$

5.3.1.2. CÁLCULO DEL ESPESOR DEL AISLAMIENTO TÉRMICO DEL TECHO

Para conocer la temperatura exterior de cálculo a utilizar en el techo de la cámara isotérmica, se suma 12°C a la temperatura exterior de cálculo obtenía en el apartado anterior. Por lo tanto:

$$T_{ec} = 36,00 (°C) + 12,00 (°C) = 48,00 °C$$

Se toma como temperatura en el interior de la cámara -6,5°C, que es el caso de la estabilización tartárica del presente proyecto [Ver apartado 1. Cálculo de la temperatura de tratamiento del presente Anexo].

Con los datos mencionados y utilizando la expresión [1.5.1] de la cual se ha despejado el coeficiente global de transmisión de calor, se obtiene:

$$K = \frac{Q}{\Delta T} = \frac{7 \left(\frac{kcal}{m^2 \cdot h} \right)}{(48 - (-6,5))(°C)} = 0,13 \frac{kcal}{m^2 \cdot h \cdot °C}$$

Se utiliza para calcular el espesor del material de aislamiento la ecuación [1.5.4] donde se ha despejado previamente el espesor:

$$e = \left(\frac{1}{K} - \frac{1}{h_i} - \frac{1}{h_e} \right) \cdot \lambda$$

Los valores numéricos de los términos h_i y h_e son los mismos que en el apartado anterior ($h_i=300 \text{ kcal}/(°C \cdot m^2 \cdot h)$ y $h_e= 5,5 \text{ kcal}/(°C \cdot m^2 \cdot h)$).

Por lo tanto sustituyendo en la expresión anterior se obtiene el espesor del material de aislamiento:

$$e = \left(\frac{1}{0,13 \left(\frac{kcal}{m^2 \cdot h \cdot ^\circ C} \right)} - \frac{1}{300 \left(\frac{kcal}{m^2 \cdot h \cdot ^\circ C} \right)} - \frac{1}{5,5 \left(\frac{kcal}{m^2 \cdot h \cdot ^\circ C} \right)} \right) \cdot 0,026 \left(\frac{kcal}{m \cdot h \cdot ^\circ C} \right)$$

$$e \cong 0,20m$$

5.3.1.3. CÁLCULO DEL ESPESOR DEL AISLAMIENTO TÉRMICO DEL SUELO

Se compactará el terreno incluidas tierras y zahorras, se verterá un hormigón de limpieza o “pobre” sobre estas, con una resistencia características del orden de los 125 kg/cm², sin armar, con un espesor de 5 cm como mínimo. Deberá estar nivelado.

Encima del hormigón de limpieza se ejecutará la barrera antivapor (hoja de aluminio) y apoyado en esta se colocará el material aislante. Sobre el aislante se situará una lámina de polietileno para que el aislante quede protegido de los jugos del hormigón. Sobre dicha lámina, se verterá el hormigón de acabado, armado y con una resistencia característica del orden de los 225 kg/cm², con espesores de 8 – 15 centímetros. Este hormigón, deberá estar perfectamente fratasado, para evitar poros, y se podrá terminar con polvos de cuarzo o resinas.

Hay que tener en cuenta que el frío se encuentra con una “pared prácticamente infinita”, en donde este aire frío se va acumulando. Si el terreno es húmedo, se irá formando hielo y, la humedad circulará hacia la parte fría, donde se convertirá en hielo, deteriorando el suelo de la cámara, hasta levantarlo incluso. Este proceso de congelación, será más o menos largo en función del tipo de terreno, de las temperaturas y del acondicionamiento de la cámara.

Para evitar los problemas anteriores, se debe actuar aportando calor para compensar los aportes de frío.

Existen varios métodos:

- Utilización de cables o láminas calefactoras eléctricas, situados por debajo de la zona de aislamiento. Las resistencias, deben calcularse para mantener en esta zona una temperatura del orden de los 12 – 15 W/m² y su funcionamiento, regulado por sondas y termostatos, se realiza de forma intermitente.
- Utilización de tuberías por las que circula agua glicolada, utilizando el calor proveniente de los condensadores. No es un sistema muy utilizado actualmente.
- Ventilación del suelo. Es el más utilizado. Es un sistema no muy costoso de instalación, ya que no consume energía. La ventilación suele ser natural, aunque en algunos casos puede haber que forzarla. La construcción es sencilla, pudiéndose utilizar diversos materiales, y consiste en habilitar, por debajo de la zona aislada, unos pasillos por donde circule el aire. La construcción de estos pasillos puede hacerse con ladrillo hueco, con bovedillas, con tubos cilíndricos, etc.

Dos temas importantes a considerar:

- La resistencia mecánica que se le debe procurar, ya que, en su parte superior está situado el suelo de la cámara.
- La disposición adecuada de estos elementos, para que el aire circule sin dificultad. A veces hay que ayudar ésta mediante la construcción de chimeneas o la colocación de ventiladores.

Para conocer la temperatura exterior de cálculo a utilizar en el suelo de la cámara isotérmica, se emplea la siguiente sistemática: A la temperatura exterior calculada en la pared (36°C) (Ver apartado 3.5.1.1. Cálculo del espesor del aislamiento térmico de las paredes del presente Anexo), se le sumara 15°C y se dividirá este resultado a la mitad. Quedando por lo tanto:

$$T_{ec} = (36 + 15 (°C))/2 = 25,50 °C$$

Se toma como temperatura en el interior de la cámara $-6,5^{\circ}\text{C}$, que es el caso de la estabilización tartárica del presente proyecto [Ver apartado 1. Cálculo de la temperatura de tratamiento del presente Anexo].

Con los datos mencionados y utilizando la expresión [1.5.1] de la cual se ha despejado el coeficiente global de transmisión de calor, se obtiene:

$$K = \frac{Q}{\Delta T} = \frac{7 \left(\frac{\text{kcal}}{\text{m}^2 \cdot \text{h}} \right)}{(25,50 - (-6,5)) (^{\circ}\text{C})} = 0,22 \frac{\text{kcal}}{\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^{\circ}\text{C}}$$

Se utiliza para calcular el espesor del material de aislamiento la ecuación [1.5.4] donde se ha despejado previamente el espesor:

$$e = \left(\frac{1}{K} - \frac{1}{h_i} - \frac{1}{h_e} \right) \cdot \lambda$$

Los valores numéricos de los términos h_i y h_e son los mismos que en el apartado 3.5.1.1. Cálculo del espesor de aislamiento térmico de las paredes del presente Anexo ($h_i=300 \text{ kcal}/(^{\circ}\text{C} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{h})$ y $h_e= 5,5 \text{ kcal}/(^{\circ}\text{C} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{h})$).

Por lo tanto sustituyendo en la expresión anterior se obtiene el espesor del material de aislamiento:

$$e = \left(\frac{1}{0,22 \left(\frac{\text{kcal}}{\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^{\circ}\text{C}} \right)} - \frac{1}{300 \left(\frac{\text{kcal}}{\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^{\circ}\text{C}} \right)} - \frac{1}{5,5 \left(\frac{\text{kcal}}{\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^{\circ}\text{C}} \right)} \right) \cdot 0,026 \left(\frac{\text{kcal}}{\text{m} \cdot \text{h} \cdot ^{\circ}\text{C}} \right)$$

$e \cong 0,11\text{m}$

5.3.2. DIMENSIONAMIENTO DEL MATERIAL DEL ASILAMIENTO

El material del asilamiento tendrá las mismas dimensiones de la cámara isotérmica.

Como se ha calculado en los apartados anteriores en las paredes el material aislante tendrá 0,16 m de espesor con las dimensiones de 21m de longitud, 13 m de ancho y 10 m de alto.

En el techo tendrá un espesor de 0,20 m con las dimensiones de 21m de longitud y 13 m de ancho.

En el suelo tendrá un espesor de 0,11 m con las dimensiones de 21 m de longitud y 13 m de ancho.

5.4. DIMENSIONAMIENTO DEL REVESTIMIENTO

Los materiales de revestimiento más utilizados son:

- Chapas metálicas de acero galvanizado y lacado.
- Materiales plásticos.
- Hormigón armado.
- Resinas de poliéster.
- Enlucidos con morteros de cemento a los que se añaden pinturas lavables y antimohos.

El revestimiento utilizado es el mortero de cemento, añadiéndole a éste pinturas lavables y antimohos. Las dimensiones del revestimiento son equivalentes a la de la cámara isotérmica (longitud de 21m, ancho de 13m y altura de 10m).

6. DISEÑO DE LA INSTALACIÓN DE PRODUCCIÓN DE FRÍO

6.1. BALANCE TÉRMICO A LA CÁMARA ISOTÉRMICA

- 1) Cálculo de la carga térmica debida a las pérdidas por transmisión por paredes, techo y suelo (Q_1).

Pérdidas por transmisión de calor:

$$Q_1 = Q \cdot S \text{ [1.6.1]}$$

Siendo:

Q_1 : Calor intercambiado con el exterior (kcal/h).

Q : Calor intercambiado con el exterior por unidad de superficie (kcal/m²·h).

S : Superficie de transmisión de calor (m²).

El valor de Q es conocido del apartado anterior, ya que se menciona que en las cámaras frigoríficas se permite como máximo unas pérdidas de frío a través de los paramentos, del orden de 8 W/m² o 7 kcal/m²·h.

Para conocer la superficie de transmisión de calor, se necesita conocer primero las dimensiones de la cámara frigorífica. Estas dimensiones son:

Dimensiones: 21 m x 13 m x 10 m

De estos datos se deduce que la superficie de transmisión es:

$$S = (21 \cdot 10) \cdot 2 + (13 \cdot 10) \cdot 2 + (21 \cdot 13) \cdot 2 = 1226 \text{ m}^2$$

Por lo tanto las pérdidas de calor en toda la superficie de la cámara se obtiene aplicando la ecuación [1.6.1]:

$$Q_1 = 7 \left(\frac{\text{kcal}}{\text{m}^2 \cdot \text{h}} \right) \cdot 1226 \text{ m}^2 = 8582 \frac{\text{kcal}}{\text{h}} \cdot \frac{24 \text{ horas}}{1 \text{ día}} = 205968 \frac{\text{kcal}}{\text{día}}$$

- 2) Cálculo de la carga térmica debida a las necesidades por renovación de aire (Q_2).

La carga térmica a evacuar de un recinto frigorífico debida a la renovación de aire es una variable que se puede descomponer en suma de otras dos:

$$Q_2 = Q_{2,1} + Q_{2,2} \quad [1.6.2]$$

- a) Carga térmica debida a las necesidades por renovaciones técnicas de aire ($Q_{2,1}$).

Es la debida a aquellas renovaciones que técnicamente son aconsejables para la buena conservación del producto.

El aire de las cámaras frigoríficas debe renovarse por aire fresco, con una frecuencia que dependerá del producto almacenado.

Los productos almacenados, desprenden gases como etileno, CO_2 y otros, ejerciendo una influencia negativa sobre su conservación, por lo que deben ser eliminados del ambiente de la cámara, recurriéndose para ello a la renovación del aire viciado por aire más puro del exterior.

El número de renovaciones técnicas puede variar entre 1-5 veces el volumen total de la cámara cada 24 horas.

La carga térmica debida a este concepto será:

$$Q_{2,1} = m_a \cdot \Delta h = (V \cdot \rho \cdot n) \cdot \Delta h \quad [1.6.3]$$

Siendo:

$Q_{2,1}$: Carga térmica debida a renovaciones técnicas de aire (kcal/día).

m_a : Masa de aire (kg/día).

V: Volumen del recinto (m^3).

ρ : Densidad media del aire entre las condiciones exteriores e interiores (kg/m^3).

n : Número de renovaciones técnicas (renovaciones/día).

Δh : Diferencia de entalpías entre el aire exterior y el aire interior (Kcal/kg).

Se considera que no existe entradas de aire fresco suplementarias, por lo tanto:

$$Q_{2,1} = 0$$

b) Carga térmica debida a las necesidades por renovaciones equivalentes de aire ($Q_{2,2}$).

Es aquella obtenida en función de las pérdidas por infiltraciones, según el volumen de la cámara y el número de veces que se abren las puertas, dependiendo también del nivel de temperatura del recinto frigorífico.

$$Q_{2,2} = m_a \cdot \Delta h = (V \cdot \rho \cdot d) \cdot \Delta h \text{ [1.6.4]}$$

Siendo:

$Q_{2,2}$: Carga térmica debida a renovaciones equivalentes de aire (kcal/día).

m_a : Masa de aire (kg/día).

V : Volumen del recinto (m^3).

ρ : Densidad media del aire entre las condiciones exteriores e interiores (kg/m^3).

d : Número de renovaciones equivalentes (renovaciones/día).

Δh : Diferencia de entalpías entre el aire exterior y el aire interior (Kcal/kg).

Datos:

Humedad relativa exterior: 60% [Maldonado Rosso, 1999].

Humedad relativa interior: 80% [*Hidalgo Togo*, 2003].

$$V_{\text{cámara}} = 2730 \text{ m}^3$$

El número de renovaciones equivalentes se obtiene utilizando la *Tabla.A2.13. Número de renovaciones de aire diarias por aperturas de puertas e infiltraciones, según el volumen de la cámara y su nivel de temperatura*. Puesto que el volumen de la cámara no coincide con los expuestos en la tabla, se realiza una interpolación obteniendo el siguiente valor:

$$d = 1,07 \text{ renovaciones/día}$$

Condiciones del aire exterior:

$$T_{\text{aire}} = 33,00 \text{ °c}$$

$$HR_{\text{aire}} = 60\%$$

$$h_{\text{aire}} = 82 \text{ kJ/kg} = 19,60 \text{ kcal/kg}$$

$$\text{Volumen específico}_{\text{aire}} = 0,895 \text{ m}^3/\text{kg}$$

$$\text{Densidad}_{\text{aire}} = 1,11 \text{ kg/m}^3$$

Los valores de la entalpía y del volumen específico se han obtenido del diagrama psicrométrico del aire (*Ver Figura.A2.2. Diagrama psicrométrico del aire*).

Condiciones del aire interior:

$$T_{\text{aire}} = -6,5 \text{ °c}$$

$$HR_{\text{aire}} = 80\%$$

$$h_{\text{aire}} = -3 \text{ kJ/kg} = -0,71 \text{ kcal/kg}$$

$$\text{Volumen específico}_{\text{aire}} = 0,755 \text{ m}^3/\text{kg}$$

$$\text{Densidad}_{\text{aire}} = 1,32 \text{ kg/m}^3$$

Los valores de la entalpía y del volumen específico se han obtenido del diagrama psicrométrico del aire (*Ver Figura.A2.3. Diagrama psicrométrico del aire para bajas temperaturas*).

A la temperatura media:

$$Densidad_{aire}(13,25\text{ }^{\circ}\text{C}) = \frac{1,11 + 1,32}{2} \left(\frac{kg}{m^3} \right) = 1,21 \frac{kg}{m^3}$$

Sustituyendo los datos en la ecuación [1.6.4]:

$$Q_{2,2} = 2730,00\text{ m}^3 \cdot 1,21 \frac{kg}{m^3} \cdot 1,07 \frac{renovaciones}{día} \cdot (19,60 - (0,71)) \frac{kcal}{kg}$$

$$Q_{2,2} = 71786,32 \frac{kcal}{día}$$

Por lo tanto:

$$Q_2 = 0 \frac{kcal}{día} + 71786,32 \frac{kcal}{día}$$

$$Q_2 = 71786,32 \frac{kcal}{día}$$

3) Cálculo de la carga térmica debida a las pérdidas por refrigeración y/o congelación (Q_3).

Esta carga tendrá un valor de cero, debido a que la temperatura de entrada del producto y la temperatura de conservación del producto son las mismas, es decir, el producto llega a la cámara frigorífica a su temperatura de refrigeración.

- 4) Cálculo de la carga térmica debida a las necesidades de conservación de los productos (Q_4).

El valor de esta carga térmica será de cero, debido a que es característico para el caso de la respiración celular en frutas y hortalizas o en el caso de fermentaciones del producto conservado. Además las cantidades de calor durante la conservación por los fenómenos indicados anteriormente suelen ser pequeñas.

- 5) Cálculo de la carga térmica debida al calor desprendido por ventiladores (Q_5).

Este cálculo pretende obtener el equivalente calorífico del trabajo realizado por los motores instalados en el evaporador (ventiladores, bombas de circulación de líquido) y otros que eventualmente pudieran utilizarse.

El cálculo preciso de este equivalente necesita la determinación previa de las características del ventilador.

Para determinar el calor desprendido por estos motores, es preciso conocer su potencia, considerando que por cada hora de funcionamiento el calor desprendido por éstos será de 630 kcal/CV o de 800 kcal/kW.

Luego la expresión que permite calcular Q_5 será:

$$Q_5 = 630 \cdot P \cdot N$$

Donde:

P: Potencia unitaria de los motores (CV).

N: Número de horas al día de funcionamiento de los motores.

O bien:

$$Q_5 = 860 \cdot P \cdot N$$

Donde:

P: Potencia unitaria de los motores (kW).

N: Número de horas al día de funcionamiento de los motores.

Debido a que tanto la potencia de los motores como el número de horas de funcionamiento de los mismos no son conocidos a priori, tampoco se podrá conocer el valor exacto de Q_5 . Por tanto, Q_5 sólo podrá conocerse con exactitud una vez realizado el balance térmico y elegidos los equipos adecuados, por lo que en la práctica se opta por realizar una estimación de Q_5 en función del volumen de la cámara. Puede suponerse en este caso, de forma práctica y bastante aproximada que el equivalente térmico del trabajo de los ventiladores representa del 5 al 8% de las necesidades de frío ya calculadas, $(Q_1 + Q_2 + Q_3)$.

Las cargas térmicas de aire debidas a los ventiladores se consideran un 6,5% de la de transmisión, renovación de aire y enfriamiento del producto.

Por lo tanto el valor numérico será:

$$Q_5 = 0,065 \cdot (Q_1 + Q_2 + Q_3) \text{ [1. 6. 5]}$$

$$Q_5 = 0,065 \cdot \left(205968 \frac{\text{kcal}}{\text{día}} + 71786,32 \frac{\text{kcal}}{\text{día}} + 0 \frac{\text{kcal}}{\text{día}} \right)$$

$$Q_5 = 18054,03 \frac{\text{kcal}}{\text{día}}$$

6) Cálculo de la carga térmica debida al calor desprendido por circulación de operarios en las cámaras (Q_6).

La cantidad de calor liberada por operario es variable en función de la temperatura de la cámara, del vestuario, de la actividad física realizada y del tiempo de permanencia en el recinto frigorífico.

El calor aportado por los operarios será:

$$Q_6 = n \cdot C \cdot N$$

Donde:

n: Número de personas en el recinto frigorífico.

C: Calor emitido por cada operario (kcal/h).

N: Tiempo de permanencia en el interior de la cámara o recinto (horas/día).

De lo expuesto anteriormente, se deduce la dificultad de cálculo de este concepto. Basta pensar en el número de veces que será necesario entrar al día, peso de la persona que entra, etc. Por ello, el valor de la carga térmica conviene en muchas ocasiones estimarlo.

Se considerará un 1% de la de transmisión, renovación de aire y enfriamiento del producto.

$$Q_6 = 0,01 \cdot (Q_1 + Q_2 + Q_3) \quad [1.6.6]$$

$$Q_6 = 0,01 \cdot \left(205968 \frac{\text{kcal}}{\text{día}} + 71786,32 \frac{\text{kcal}}{\text{día}} + 0 \frac{\text{kcal}}{\text{día}} \right)$$

$$Q_6 = 2777,54 \frac{\text{kcal}}{\text{día}}$$

7) Cálculo de la carga térmica debida a las necesidades por iluminación (Q_7).

Éstas dependen del nivel lumínico proyectado en el recinto frigorífico y del tiempo de utilización. Generalmente el nivel lumínico será bajo, entre 20 y 60 lux (en el caso de cámaras frigoríficas, con tendencia al alza en instalaciones modernas), por lo que la potencia instalada será del orden de entre 1-10 W/m², dependiendo del tipo de luz utilizada, siendo el periodo de funcionamiento también corto ya que sólo deberá estar conectada durante periodos en que se realicen trabajos en su interior.

Generalmente, esta carga térmica se calcula como el 1-2% de la suma de las cargas consideradas, Q_1 , Q_2 y Q_3 . Pero, su determinación más exacta puede ser realizada como:

$$Q_7 = 860 \cdot P \cdot N$$

Donde:

P: Potencia de las luminarias (kW).

N: Tiempo de funcionamiento (horas/día).

Se estimará como un 1,5% de la de transmisión, renovación de aire y enfriamiento del producto.

$$Q_7 = 0,015 \cdot (Q_1 + Q_2 + Q_3) \text{ [1. 6. 7]}$$

$$Q_7 = 0,015 \cdot \left(205968 \frac{\text{kcal}}{\text{día}} + 71786,32 \frac{\text{kcal}}{\text{día}} + 0 \frac{\text{kcal}}{\text{día}} \right)$$

$$Q_7 = 4166,31 \frac{\text{kcal}}{\text{día}}$$

8) Cálculo de la carga térmica debida a las necesidades por pérdidas diversas (Q_8).

Se incluye bajo este apartado una serie de cargas térmicas diversas, de difícil cálculo hasta tanto no se realice la elección de los equipos que componen la instalación. En la práctica, se realiza una estimación de las mismas, obteniendo un resultado aceptable:

$$Q_8 = \alpha \cdot (Q_1 + Q_2 + Q_3) \text{ [1. 6. 8]}$$

Donde:

α : Coeficiente (0,1-0,15).

Q_1 : Carga térmica por transmisión (Kcal/día).

Q_2 : Carga térmica por renovación de aire (Kcal/día).

Q_3 : Carga térmica por refrigeración y/o congelación (Kcal/día).

De esta forma se estiman todas las pérdidas indicadas a continuación:

- a) Por convección y radiación de los aparatos y tuberías por donde circula el fluido frigorígeno. Aunque éstas deben estar convenientemente aisladas, las pérdidas son inevitables.
- b) Pérdidas debidas a la condensación de la humedad exterior sobre las baterías refrigerantes.

Las diferencias de tensión de vapor entre el ambiente exterior y el interior hacen que se establezca una difusión permanente de la humedad exterior a través de los muros y paredes, más o menos permeables al vapor de agua, que acaba en las baterías refrigerantes donde el vapor condensa y congela. También son muy importantes las pérdidas de humedad debidas al producto.

- c) Carga térmica debida al desescarche de los evaporadores.

En las instalaciones que funcionan con temperatura de evaporación inferiores a 0°C, es necesario realizar el desescarche de los evaporadores. Dicho desescarche llevará implícito un aumento de la temperatura del material del evaporador y del fluido frigorígeno interior por encima de 0°C, siendo incluso inevitable la transferencia de calor al resto del recinto. Esta carga de difícil evaluación práctica, queda también incluida en el porcentaje adoptado.

- d) Otras cargas térmicas.

Se incluirán un número indeterminado de cargas que dependerán, por un lado de las instalaciones interiores de las cámaras como por ejemplo, de la existencia o no de estanterías móviles, cuadros eléctricos interiores, ventiladores de renovación de aire, etc., y por otro lado, de los sistemas de trabajo, como son el uso de carretillas eléctricas o de gas-oil, la mejor o peor utilización de la cámara, la existencia de contrapuestas de plástico rígido o cortinas de aire, la automatización o no del sistema de apertura, etc.

Se estimará como un 12,5% de la de transmisión, renovación de aire y enfriamiento del producto. Por lo tanto se sustituye en la ecuación [1.6.8] los valores numéricos y se obtiene:

$$Q_8 = 0,125 \cdot (Q_1 + Q_2 + Q_3)$$
$$Q_8 = 0,125 \cdot \left(205968 \frac{\text{kcal}}{\text{día}} + 71786,32 \frac{\text{kcal}}{\text{día}} + 0 \frac{\text{kcal}}{\text{día}} \right)$$
$$Q_8 = 34719,29 \frac{\text{kcal}}{\text{día}}$$

9) Producción de frío

La producción de frío ha de ser equivalente a la suma de las necesidades de frío máximas, obtenidas como suma de los ocho conceptos estudiados anteriormente, los cuales se pueden obtener bajo la base de 24 horas. Por tanto:

$$Q_F = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6 + Q_7 + Q_8 \text{ [1.6.9]}$$
$$Q_F = 205968 \frac{\text{kcal}}{\text{día}} + 71786,32 \frac{\text{kcal}}{\text{día}} + 18054,03 \frac{\text{kcal}}{\text{día}} + 2777,54 \frac{\text{kcal}}{\text{día}}$$
$$+ 4166,31 \frac{\text{kcal}}{\text{día}} + 34719,29 \frac{\text{kcal}}{\text{día}}$$
$$Q_F = 337471,49 \frac{\text{kcal}}{\text{día}}$$

Estas necesidades finales, Q_F , están referidas a un periodo de 24 horas por lo que será necesario fijar el número de horas de funcionamiento del compresor o compresores (N), con objeto de calcular la producción efectiva (capacidad) horaria de los compresores.

Por tanto:

$$\text{Capacidad} = Q_T = \frac{Q_F}{N} \quad [1.6.10]$$

El número de horas de funcionamiento adoptado suele variar entre 14-16 horas/día en el caso de instalaciones comerciales, y entre 18-20 horas/día en el caso de cámaras de refrigeración y congelación.

Se tomará 19 horas/día de funcionamiento ya que estamos en el caso de una cámara de refrigeración [Sánchez y Pineda de las Infantas, 2001].

$$Q_T = \frac{337471,49 \frac{\text{kcal}}{\text{día}}}{19 \frac{\text{horas}}{\text{día}}}$$

$$Q_T = 17761,66 \frac{\text{kcal}}{\text{hora}} = 20,62 \text{ kW}$$

6.2. CÁLCULO DE LA TEMPERATURA DE EVAPORACIÓN

La temperatura de evaporación del fluido frigorígeno se establece conociendo:

- La temperatura a la que se ha de enfriar y/o mantener el producto alimenticio y/o el recinto enfriado donde se almacene.
- El salto térmico o diferencia entre la temperatura de régimen de la cámara (o de salida del producto frío del evaporador) y la temperatura de evaporación del fluido frigorígeno en el evaporador.

El salto térmico se determina teniendo en cuenta:

- Consideraciones de tipo energético-económico.
- La rapidez de enfriamiento deseada.
- El efecto del salto térmico sobre la humedad relativa en el interior de una cámara frigorífica.

En la tabla siguiente se da el valor del salto térmico a utilizar en el diseño del evaporador con objeto de conseguir la deseada humedad relativa cuando el evaporador trabaja en condiciones de convección forzada.

Humedad relativa (%)	Diferencia de temperatura Δt (°C)	
	Tipo de evaporador	
	Tubos lisos	Tubos con aletas
75	9-10	10-13
80	7	8-10
85	5	6-8
90	3	4-6

Tabla.A1.2. Diferencia de temperatura en el evaporador

El evaporador en este caso es un evaporador por aire que utiliza aletas y la transferencia de calor se realiza en convección forzada. Como ya se mencionó la humedad relativa de la cámara de refrigeración es del 80%, lo que nos llevará a una diferencia de temperatura que estará comprendida entre 8-10 °C. Se utiliza el valor de 9°C ya que es el valor medio de los datos obtenidos de la tabla anterior.

$$\Delta t = 9 \text{ } ^\circ\text{C}$$

De este modo, la temperatura de evaporación (t_{evp}) será igual a:

$$t_{evp} = t_p - \Delta t \text{ [1.6.11]}$$

Donde:

t_p : Temperatura a la que se enfriará o a la que tendrá que mantenerse el producto (°C)

Δt : Salto térmico (°C)

Un valor alto del salto térmico provocaría una reducción de la eficiencia frigorífica y la potencia frigorífica específica. Es decir, se desarrollan menos frigorías/h o kcal/h por cada kW gastado en el compresor. Esto significa que para desarrollar la misma potencia frigorífica será necesario un motor eléctrico más grande y se consumirá más energía. Desde el punto de visto energético se han de tener Δt lo más bajos posibles, aunque esto signifique aumentar la superficie de intercambio de los evaporadores. En este caso no se puede escoger un valor menor del salto térmico, ya que se desea una determinada humedad relativa.

En nuestro caso se utiliza el refrigerante 407-C, para mantener el aire de la cámara a -6,5 °C (*Ver apartado 1. Cálculo de la temperatura de tratamiento del presente Anexo*). De esta forma, la temperatura de evaporación es:

$$t_{evp} = -6,5 - 9 = -15,5 \text{ } ^\circ\text{C}$$

6.3. CÁLCULO DE LA TEMPERATURA DE CONDENSACIÓN

Tanto la inversión inicial necesaria en condensadores como los costes de operación o energéticos debidos a su funcionamiento, dependerán del sistema de condensación que se adopte. En efecto, la temperatura de condensación (t_c) vendrá determinada principalmente por el tipo de condensador, que en este caso será un sistema de condensación por aire.

En los sistemas de condensación con aire se establece la temperatura de condensación 15°C por encima de la temperatura de aire más desfavorable. Se tomará una temperatura de 38°C como temperatura más desfavorable, por lo tanto:

$$t_c = 38 + 15 = 53 \text{ }^\circ\text{C}$$

Al disminuir la temperatura de condensación aumenta de forma interesante la eficiencia frigorífica y la potencia frigorífica específica. O lo que es igual, se desarrollan más frigorías/h o kcal/h por cada kW gastado en el compresor.

Desde el punto de vista energético interesan tipos de condensadores que provocan temperaturas de condensación bajas. Los condensadores han de ser generosamente sobredimensionados para que calentamiento del fluido refrigerante sea relativamente bajo.

6.4. SISTEMA DE REFRIGERACIÓN POR COMPRESIÓN MECÁNICA

Este sistema es el más utilizado hoy día para la producción de frío en la industria agroalimentaria. Se basa en los tres fenómenos siguientes:

- Todos los líquidos al evaporarse absorben calor del entorno.
- La temperatura a la que hierve o se evapora un líquido depende de la presión que se ejerce sobre dicho líquido.
- Todo vapor puede volver a condensarse pasando a esta líquido, si se comprime y enfría debidamente.

En el interior del circuito frigorífico, compuesto esencialmente por los elementos: evaporador, compresor, condensador y válvula de expansión, el fluido frigorígeno pasa por una serie de cambios de estados termodinámicos.

En el presente proyecto, se utiliza un sistema de refrigeración por compresión mecánica para enfriar el aire de la cámara de refrigeración. En este sistema se hace evaporar el fluido frigorígeno en el evaporador, de tal manera que el calor latente de vaporización del fluido frigorígeno se tomará del aire de la cámara, provocando su enfriamiento. Variando la presión sobre el líquido que se evapora, la temperatura de ebullición o evaporación se modificará. El vapor del fluido frigorígeno formado en el evaporador es aspirado por el compresor y comprimido hasta una presión que se corresponda con una temperatura de condensación suficientemente elevada como para que el fluido frigorígeno intercambie calor con el aire ambiente y convertirse de nuevo en líquido tras ceder su calor de condensación. El fluido frigorígeno líquido podrá volver a evaporarse y producir más frío a temperatura baja. Para ello se lleva a una presión suficientemente baja provocando el paso del líquido frigorígeno a través de la válvula de expansión donde tiene lugar la caída de presión necesaria para llegar a la presión-temperatura de evaporación reinante en el evaporador.

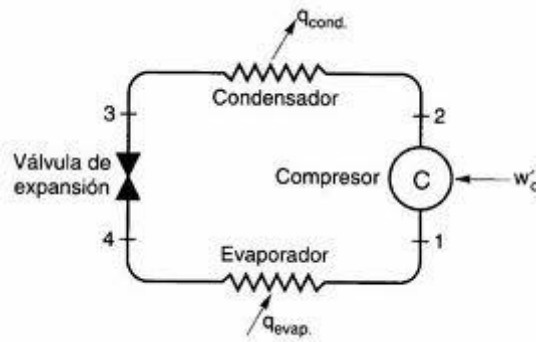


Figura.A1.2. Sistema de refrigeración por compresión mecánica

Esta serie de procesos termodinámicos, que se repetirán cíclicamente a lo largo del circuito frigorífico durante su funcionamiento constituirán un ciclo de refrigeración por compresión simple.

Este ciclo puede ser modelizado sobre el diagrama entálpico tal como se muestra en la siguiente figura:

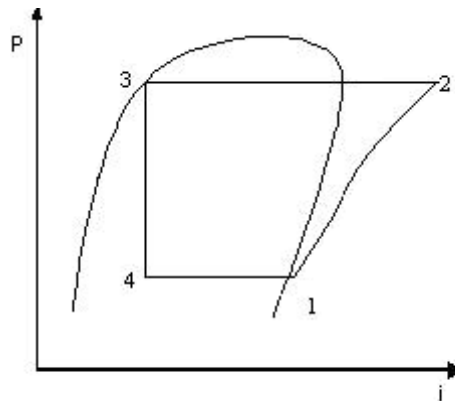


Figura.A1.3. Diagrama presión/entalpía para un sistema de refrigeración por compresión mecánica

Este es un ciclo teórico (un modelo teórico) en el que se supone que el vapor del fluido frigorígeno a la entrada del proceso de compresión es vapor saturado a la temperatura y presión de evaporación; y el líquido frigorígeno, saliente del condensador, antes de pasar por la válvula de expansión es un líquido saturado a la temperatura y presión de condensación. Aunque el ciclo real se desviará algo del ciclo saturado

simple, el estudio de los procesos termodinámicos en este ciclo proporciona la base para dimensionar los componentes del sistema frigorífico. Así, mediante este modelo se obtendrían:

- Efecto refrigerante o producción frigorífica específica (kcal/kg). Es la cantidad de kcal que puede “llevarse” cada kg de fluido frigorígeno que se evapora en el evaporador.

$$q_e = h_1 - h_4$$

- Equivalente del trabajo de compresión Es la energía que se ha de suministrar a cada kg de fluido frigorígeno vapor para llevarlo desde las condiciones de evaporación hasta las condiciones de presión de condensación.

$$q_w = h_2 - h_1$$

- Calor eliminado en el condensador (kcal/kg).

$$q_c = h_2 - h_1$$

La instalación frigorífica correspondiente se dimensionará con los siguientes parámetros:

- Caudal másico del fluido frigorígeno (kg/h) que tiene que ser evaporado en el evaporador para conseguir la potencia frigorífica Q_T .

$$m = \frac{Q_T}{q_e}$$

- Producción frigorífica (kcal/m³). Son las kcal eliminadas por la instalación frigorífica por cada m³ trasegado en el compresor.

$$q_v = \frac{q_e}{V_1}$$

Donde:

V_c : Volumen específico (m^3/kg) del fluido frigorígeno vapor a la entrada del compresor.

- Caudal volumétrico (m^3/h) del fluido frigorígeno a trasegar por el compresor para que se desarrolle la potencia frigorífica Q_T .

$$V = \frac{Q_T}{q_v}$$

- Eficiencia frigorífica o coeficiente de rendimiento (Adimensional). Expresa la cantidad de frigorías/h ($kcal/h$) desarrolladas por la instalación frigorífica por cada $kcal/h$ gastada en la compresión del vapor frigorígeno.

$$\varepsilon = \frac{q_e}{q_w}$$

- Potencia frigorífica específica $kcal/(kW \cdot h)$. Expresa la cantidad de frigorías/h desarrolladas por la instalación frigorífica por cada Kw gastado en la compresión del vapor de fluido frigorígeno.

$$K_i = 860 \cdot \varepsilon$$

- Potencia de compresión (kW), que se ha de invertir o gastar en la compresión de los V (m^3/h) de fluido frigorígeno para que se pueda desarrollar la potencia frigorífica Q_T .

$$N_i = \frac{Q_T}{K_i}$$

- Potencia frigorífica del condensador (kcal/h). Expresa la cantidad de kcal/h a eliminar en el condensador.

$$Q_c = Q_T + 860 \cdot N_i$$

6.4.1. CÁLCULO DE LOS PARÁMETROS DEL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN POR COMPRESIÓN MECÁNICA

Se procede al cálculo de los términos mencionados anteriormente utilizando el diagrama entálpico del refrigerante 407-C (*Figura.A2.4. Diagrama entálpico del refrigerante 407-C*).

De dicho diagrama se ha obtenido las siguientes entalpías:

Punto	T (°C)	Entalpía (kJ/kg)	Entalpía (kcal/kg)	Presión (kPa)	Volumen específico (m ³ /kg)
1	-15,5	410	97,99	350	0,090
2	53	458	109,46	2100	
3	53	285	68,11	2100	
4	-15,5	285	68,11	350	

Tabla.A1.3. Datos obtenidos del diagrama entálpico del refrigerante 407-C

Con los datos mencionados y las ecuaciones del apartado anterior se obtiene:

- *La producción frigorífica específica es.*

$$q_e = h_1 - h_4 = 97,99 \frac{kcal}{kg} - 68,11 \frac{kcal}{kg} = 29,88 \frac{kcal}{kg}$$

- **El equivalente de trabajo de compresión es.**

$$q_w = h_2 - h_1 = 109,46 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}} - 97,99 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}} = 11,47 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}}$$

- **El calor eliminado en el condensador.**

$$q_c = h_2 - h_3 = 109,46 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}} - 68,11 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}} = 41,35 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}}$$

- **El caudal másico del fluido frigorígeno es.**

$$m = \frac{Q_T}{q_e} = \frac{17761,66 \frac{\text{kcal}}{\text{h}}}{29,88 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}}} = 594,43 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$$

- **La producción frigorífica volumétrica es.**

$$q_v = \frac{q_e}{V_1} = \frac{29,88 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}}}{0,09 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}}} = 332,00 \frac{\text{kcal}}{\text{m}^3}$$

- **Caudal volumétrico de fluido frigorígeno a trasegar por el compresor.**

$$V = \frac{Q_T}{q_v} = \frac{17761,66 \frac{\text{kcal}}{\text{h}}}{332,00 \frac{\text{kcal}}{\text{m}^3}} = 53,50 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

- **Eficiencia frigorífica.**

$$\varepsilon = \frac{q_e}{q_w} = \frac{29,88 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}}}{11,47 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}}} = 2,60$$

- **Potencia frigorífica específica.**

$$K_i = 860 \cdot \varepsilon = 860 \cdot 2,60 = 2236,00 \frac{\text{kcal}}{\text{kW} \cdot \text{h}}$$

- **Potencia de compresión.**

$$N_i = \frac{Q_T}{K_i} = \frac{17761,66 \frac{\text{kcal}}{\text{h}}}{2236,00 \frac{\text{kcal}}{\text{kW} \cdot \text{h}}} = 7,94 \text{ kW}$$

- **Potencia frigorífica del condensador.**

$$Q_c = Q_T + 860 \cdot N_i = 17761,66 \frac{\text{kcal}}{\text{h}} + 860 \left(\frac{\text{kcal}}{\text{kW} \cdot \text{h}} \right) \cdot 7,94 \text{ kW}$$

$$Q_c = 24590,06 \frac{\text{kcal}}{\text{h}}$$

6.5. DIMENSIONAMIENTO DEL EVAPORADOR

Para dimensionar el evaporador se debe resaltar que el evaporador a utilizar es un evaporador de aire de convección forzada (*Ver apartado 4.6.1.2. Selección del evaporador de la Memoria Descriptiva*).

A continuación se calcula el área de transmisión de calor, parámetro básico para dimensionar dicho equipo.

6.5.1. CÁLCULO DEL ÁREA DE TRANSMISIÓN DE CALOR DEL EVAPORADOR

La capacidad frigorífica del evaporador está determinada por los mismos factores que rigen el flujo de calor a través de cualquier superficie de transferencia de calor y está expresada por la siguiente expresión:

$$Q_T = U \cdot A \cdot \Delta T_{ml} \quad [1.6.12]$$

Donde:

Q_T : Cantidad de calor transferido (kcal).

U : Coeficiente global de transferencia de calor ($\text{kcal/h} \cdot \text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$).

A : Superficie de intercambio (m^2).

ΔT_{ml} : Diferencia de temperatura media logarítmica ($^\circ\text{C}$).

Partiendo de que el evaporador es de aire por convección forzada, según la *Figura.A2.3. Velocidades de paso en el fluido a enfriar*, la velocidad debe estar comprendida entre 2,5-4 m/s. Se tomará como velocidad del aire 4m/s, por ser la que mejor distribuirá el aire por la cámara isotérmica.

El valor de U está tabulado en función de la velocidad y del tipo de evaporador. Para un evaporador de aire de convección forzada con aletas y de tipo seco y para una velocidad de 4 m/s se obtiene un valor de $29 \text{ kcal/h} \cdot \text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ (*Figura.A2.4. Coeficiente global de transmisión de calor para evaporadores*).

El calor transferido se calculo con anterioridad siendo su valor de 17761,66 kcal/h (*Ver apartado 6.1. BALANCE TÉRMICO A LA CÁMARA ISOTÉRMICA del presente ANEXO*).

Se procede al cálculo de la diferencia de temperatura media logarítmica mediante la siguiente expresión:

$$\Delta T_{ml} = \frac{(t_{ea} - t_e) - (t_{sa} - t_e)}{\ln\left(\frac{(t_{ea} - t_e)}{(t_{sa} - t_e)}\right)} \quad [1.6.13]$$

Donde:

t_e : Temperatura de evaporación del fluido frigorígeno (°C).

t_{ea} : Temperatura de entrada del aire (°C).

t_{sa} : Temperatura de salida del aire (°C).

La temperatura de evaporación del fluido frigorígeno fue calculada en el apartado 6.2. *Cálculo de la temperatura de evaporación del presente Anexo*, siendo su valor:

$$t_e = -15,5 \text{ } ^\circ\text{C}$$

La temperatura de entrada del aire es la temperatura a mantener en la cámara isotérmica, es decir, la temperatura de tratamiento. Este valor fue calculado en el apartado 1. *Cálculo de la temperatura de tratamiento del presente Anexo* y es el siguiente:

$$t_{ea} = -6,5 \text{ } ^\circ\text{C}$$

La temperatura de salida del aire se relaciona con la temperatura de entrada del mismo mediante la siguiente expresión:

$$t_{sa} = t_{ea} - 3 \quad [1.6.14]$$

Sustituyendo el valor de la temperatura de entrada del aire, se obtiene:

$$t_{sa} = t_{ea} - 3 = -6,5 - 3 = -9,5 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Sustituyendo los valores de las diferentes temperaturas en la ecuación [1.6.13] se calcula la diferencia de temperatura media logarítmica:

$$\Delta T_{ml} = \frac{(-6,5 - (-15,5))(\text{ } ^\circ\text{C}) - (-9,5 - (-15,5))(\text{ } ^\circ\text{C})}{\ln\left(\frac{(-6,5 - (-15,5))(\text{ } ^\circ\text{C})}{(-9,5 - (-15,5))(\text{ } ^\circ\text{C})}\right)} = 7,39 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Por lo tanto se calcula la superficie necesaria del evaporador:

$$A = \frac{Q_T}{U \cdot \Delta T_{ml}}$$
$$A = \frac{17761,66 \left(\frac{\text{kcal}}{\text{h}}\right)}{29 \left(\frac{\text{kcal}}{\text{h} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{ } ^\circ\text{C}}\right) \cdot 7,39 \text{ } (^\circ\text{C})} = 82,88 \text{ m}^2$$

6.6. DIMENSIONAMIENTO DEL COMPRESOR

Para dimensionar el compresor se debe resaltar que el compresor a utilizar es un compresor de tipo alternativo hermético (*Ver apartado 4.6.1.3. Selección del compresor de la Memoria Descriptiva*).

A continuación se calcula los parámetros para una instalación real y los parámetros básicos para dimensionar dicho equipo.

6.6.1. CÁLCULO DE LOS PARÁMETROS PARA UNA INSTALACIÓN REAL

El modelo teórico descrito en el apartado 6.4. *Sistema de refrigeración por compresión mecánica del presente Anexo* se desvía de la realidad debido a que la compresión no es isoentrópica. Esta desviación viene medida por los rendimientos que a continuación se presentan:

- Espacio perjudicial: $e = 4\%$
- Rendimiento volumétrico: $\eta_v = 0,80$
- Rendimiento indicado: $\eta_i = 0,80$
- Rendimiento mecánico: $\eta_m = 0,80$
- Rendimiento de la transmisión: $\eta_t = 0,90$
- Rendimiento eléctrico: $\eta_c = 0,90$

Con estos valores se calcula los parámetros para una instalación real, teniendo en cuenta los distintos rendimientos. Las ecuaciones son las siguientes:

- Potencia frigorífica volumétrica real (kcal/m^3).

$$q_{v,r} = \eta_v \cdot q_v$$

- Caudal volumétrico real de fluido frigorígeno a trasegar por el compresor (m^3/h).

$$V_r = \frac{Q_T}{q_{v,r}}$$

- El equivalente de trabajo de compresión real (kcal/kg).

$$q_{w,r} = \frac{q_w}{\eta_i}$$

- Eficiencia frigorífica real (adimensional).

$$\varepsilon_r = \varepsilon \cdot \eta_i$$

- Potencia frigorífica específica real (kcal/(kW·h)).

$$K_{i,r} = 860 \cdot \varepsilon_r$$

- Potencia de compresión real (kW).

$$N_{i,r} = \frac{N_i}{\eta_i}$$

Los valores de los parámetros q_v, q_w, ε y N_i fueron calculados en el apartado 6.4.1. *Cálculo de los parámetros del sistema de refrigeración mecánica del presente Anexo*. Los valores de los rendimientos fueron mencionados anteriormente, en este mismo apartado. Conocidos estos valores se procede al cálculo de los parámetros de la instalación real:

- **Potencia frigorífica volumétrica real.**

$$q_{v,r} = \eta_v \cdot q_v = 0,8 \cdot 332,00 \frac{\text{kcal}}{\text{m}^3} = 265,60 \frac{\text{kcal}}{\text{m}^3}$$

- **Caudal volumétrico real de fluido frigorígeno a trasegar por el compresor.**

$$V_r = \frac{Q_T}{q_{v,r}} = \frac{17761,66}{265,60 \frac{\text{kcal}}{\text{m}^3}} = 66,87 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

- El equivalente de trabajo de compresión real es.

$$q_{w,r} = \frac{q_w}{\eta_i} = \frac{11,47 \frac{kcal}{kg}}{0,80} = 14,34 \frac{kcal}{kg}$$

- Eficiencia frigorífica real.

$$\varepsilon_r = \varepsilon \cdot \eta_i = 2,60 \cdot 0,80 = 2,08$$

- Potencia frigorífica específica real.

$$K_{i,r} = 860 \cdot \varepsilon_r = 860 \cdot 2,08 = 1788,80 \frac{kcal}{kW \cdot h}$$

- Potencia de compresión real.

$$N_{i,r} = \frac{N_i}{\eta_i} = \frac{7,94 kW}{0,8} = 9,92 kW$$

6.6.2. CÁLCULO DE LOS PARÁMETROS BÁSICOS DEL DIMENSIONAMIENTO

Para calcular las principales dimensiones del compresor se aplica la siguiente expresión:

$$V_r = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot N \cdot L \cdot n \cdot 60 \quad [1.6.15]$$

Donde:

- V_r : Volumen real de refrigerante (m^3/h).
- D : diámetro del cilindro (m).
- L : carrera del pistón (m).
- N : número de cilindros.
- n : velocidad de rotación (r.p.m.).

En los compresores comerciales normalmente ocurre que $L = D$ (compresores cuadrados), por lo tanto sustituyendo esta característica en la ecuación [1.6.15] y reordenando:

$$V_r = \frac{\pi \cdot D^3}{4} \cdot N \cdot n \cdot 60$$

$$66,87 = \frac{\pi \cdot D^3}{4} \cdot N \cdot 1400 \cdot 60$$

$$D^3 \cdot N = \frac{4 \cdot 66,87}{\pi \cdot 60 \cdot 1400}$$

La velocidad lineal del émbolo viene dada por la expresión:

$$C = \frac{n \cdot L}{30} \quad [1.6.16]$$

Donde:

- L: carrera del pistón (m).
- n: velocidad de rotación (r.p.m.).
- C: Velocidad del émbolo (m/s).

Se supondrá en los cálculos una velocidad de rotación de 1400 r.p.m. por lo tanto la ecuación [1.6.16] queda de la siguiente manera:

$$C = \frac{1400 \cdot L}{30}$$

Para el cálculo de los parámetros característicos se usa un procedimiento iterativo: se supone el número de cilindros en la ecuación [1.6.15] y se obtiene de la misma el diámetro del cilindro. Se ha mencionado que el diámetro suele coincidir con la carrera del pistón ($D = L$) por lo tanto se sustituye este valor en la ecuación [1.6.16] y se procede al cálculo de la velocidad del émbolo.

En la práctica, y para compresores medios, no se sobrepasa el valor de 3,5 m/s en la velocidad lineal media del émbolo. Por lo tanto el proceso de cálculo finaliza cuando se obtenga una velocidad inferior a la mencionada. Los valores numéricos obtenidos son los que se presentan en la siguiente tabla:

N (ud)	D(m)	C (m/s)
1	0,10	4,66
2	0,079	3,68
3	0,069	3,22

Tabla.A1.4. Datos obtenidos al aplicar el proceso iterativo

Por tanto, el compresor más aceptable sería el de 3 cilindros con las siguientes características:

- **N= 3 ud.**
- **D= 69 mm.**
- **C= 3,22 m/s.**
- **n= 1400 rpm.**
- **L= 69mm.**

6.7. DIMENSIONAMIENTO DEL CONDENSADOR

Para dimensionar el condensador se debe resaltar que el condensador a utilizar es un condensador refrigerado por aire (*Ver apartado 4.6.1.4. Selección del condensador de la Memoria Descriptiva*).

En el siguiente apartado se calcula los parámetros básicos para dimensionar el equipo.

6.7.1. CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DEL CONDESADOR

El condensador es el elemento de la instalación cuya misión es que el fluido refrigerante pierda calor por intercambio térmico con un fluido refrigerador exterior gracias a esto se produzca su condensación.

La condensación de los vapores de refrigerante se llevará a cabo mediante aire.

El condensador será un cambiador de calor que utiliza el calor sensible del aire para enfriar los vapores del fluido refrigerante y, una vez completada esta primera etapa, realizar su condensación.

No obstante se admitirá la hipótesis que establece que el intercambio de calor tiene lugar entre el refrigerante que cede su calor latente de condensación a una temperatura constante t_c , y el aire, que absorbe calor sensible aumentando su temperatura de t_e a t_s .

En cuanto a las bases de cálculo, la transmisión de calor en el condensador responde a la expresión:

$$Q_c = U \cdot A \cdot \Delta T_{ml} \quad [1.6.17]$$

Siendo:

Q_c : Capacidad del condensador (kcal/h).

A : superficie de intercambio dentro del condensador (m^2).

U: coeficiente global de transmisión de calor, para un condensador enfriado por aire en convección forzada será de 20 kcal/(h·m²·°C).

Δt_{ml} : incremento térmico medio logarítmico (°C).

El incremento de temperatura media logarítmica se calcula como:

$$\Delta T_{ml} = \frac{(t_c - t_e) - (t_c - t_s)}{\ln\left(\frac{(t_c - t_e)}{(t_c - t_s)}\right)} \quad [1.6.18]$$

Donde:

t_c : Temperatura de condensación (°C).

t_e : Temperatura de entrada del aire (°C).

t_s : Temperatura de salida del aire (°C).

Para el caso del condensador enfriado por aire, la temperatura de entrada al condensador (t_e) se considera igual a la temperatura exterior de cálculo, esto es, 38 °C. Por su parte, la temperatura de salida se fija bajo la consideración de que hay un incremento de temperatura del aire entre la entrada y la salida del mismo tras atravesar el condensador de entre 6 y 8 °C. Según esto, t_s será de 45 °C.

En cuanto a la temperatura de condensación del refrigerante, se fija en 53 °C. Por tanto la temperatura de condensación es 15 °C superior a la temperatura del ambiente, que es la de entrada del aire en el condensador (*Ver apartado 6.3. Cálculo de la temperatura de condensación del presente Anexo*).

Las temperaturas en el condensador son:

- Temperatura de condensación: 53 °C
- Temperatura de entrada del aire en el condensador: 38 °C
- Temperatura del aire a la salida del condensador: 45 °C

Se sustituye los datos de las temperaturas en la ecuación [1.6.18], obteniendo así un incremento térmico medio logarítmico de:

$$\Delta T_{ml} = \frac{(53 - 38) - (53 - 45)}{\ln\left(\frac{(53 - 38)}{(53 - 45)}\right)}$$

$$\Delta T_{ml} = \frac{(15) - (8)}{\ln\left(\frac{(15)}{(8)}\right)} = 11,14^{\circ}C$$

La capacidad o potencia frigorífica del condensador se define como:

$$Q_c = Q_T + 860 \cdot N_{i,r} \quad [1.6.19]$$

Donde:

Q_c : Capacidad del condensador (kcal/h).

Q_T : Capacidad del evaporador o producción efectiva de frío (kcal/h).

$N_{i,r}$: Potencia de compresión real (kW).

El valor de Q_T es de 17761,66 kcal/h (ver apartado 6.1. Balance térmico a la cámara frigorífica del presente Anexo).

El valor de $N_{i,r}$ es de 8,87 kW (Ver apartado 6.6.1. Cálculo de los parámetros para una instalación real del presente Anexo).

Sustituyendo los datos en la ecuación [1.6.19] se obtiene:

$$Q_c = 17761,66 \left(\frac{kcal}{h}\right) + 860 \left(\frac{kcal}{kW \cdot h}\right) \cdot 9,92 (kW)$$

$$Q_c = 26292,86 \frac{kcal}{h}$$

6.7.2. CÁLCULO DEL ÁREA DE TRANSMISIÓN DE CALOR

Por tanto, el área del condensador es:

$$A = \frac{Q_c}{\Delta T_{ml} \cdot U} \quad [1.6.20]$$

Donde:

Q_c : Capacidad del condensador (kcal/h).

ΔT_{ml} : Diferencia de temperatura media logarítmica ($^{\circ}C$).

U : Coeficiente global de transmisión de calor kcal/(h·m²· $^{\circ}C$).

El valor numérico de estos parámetros se han calculado o mencionado en el apartado anterior. Por lo tanto sustituyendo esos valores en la ecuación anterior se obtiene:

$$A = \frac{26292,86 \left(\frac{kcal}{h} \right)}{11,14(^{\circ}C) \cdot 20 \left(\frac{kcal}{h \cdot m^2 \cdot ^{\circ}C} \right)}$$

$$A = 118,01 m^2$$

6.7.3. CÁLCULO DE LA MASA DE AIRE

El caudal de aire necesario para enfriar los condensadores responde a la expresión:

$$m_{aire} = \frac{Q_c}{C_p \cdot (t_s - t_e)} \quad [1.6.21]$$

Donde:

m_{aire} : Caudal másico de aire (kg/h).

Q_c : Capacidad del condensador (kcal/h).

C_p : Calor específico a presión constante del aire (kcal/(kg· $^{\circ}C$)).

t_s : Temperatura del aire de salida del condensador ($^{\circ}\text{C}$).

t_e : Temperatura del aire de entrada al condensador ($^{\circ}\text{C}$).

La capacidad del condensador ha sido calculada en el apartado 6.7.1. *Cálculo de la capacidad del condensador del presente ANEXO*, siendo su valor de 26292,86 kcal/h.

El calor específico a presión constante del aire tiene un valor de 0,24 kcal/(kg· $^{\circ}\text{C}$).

Las temperaturas del aire de salida y del aire de entrada al condensador han sido calculadas en el apartado 6.7.1. *Cálculo de la capacidad del condensador del presente Anexo*, siendo su valores de 45 $^{\circ}\text{C}$ y 38 $^{\circ}\text{C}$ respectivamente.

Sustituyendo los datos en la expresión [1.6.21] se obtiene:

$$m_{\text{aire}} = \frac{26292,86 \left(\frac{\text{kcal}}{\text{h}} \right)}{0,24 \left(\frac{\text{kcal}}{\text{kg} \cdot ^{\circ}\text{C}} \right) \cdot (45 - 38)(^{\circ}\text{C})}$$

$$m_{\text{aire}} = 15650,51 \text{ kg/h}$$

7. DISEÑO DEL SISTEMA DE CONDUCCIONES

7.1. CÁLCULO DEL DIÁMETRO DE LAS CONDUCCIONES

En el presente Proyecto, se establecen las líneas de transporte de vinos que se describen a continuación. Las líneas diseñadas están formadas por tramos de conducción que conectan los equipos, accesorios de tuberías (tes, codos) u otros equipos.

Indicar que sólo serán diseñados aquellos tramos correspondientes a la línea de proceso, descartando las líneas de servicio auxiliares, ya que no son objeto de diseño de este Proyecto.

Para el diseño del sistema de tuberías se siguen los siguientes pasos:

- 1) Se determina el diámetro interior de cada línea. Para realizar este cálculo se elige una velocidad media de circulación recomendada. Esta velocidad debe estar en el rango de 0,7- 1,5 m/s [*Hidalgo Togores, 2003*].

En función de la velocidad de circulación y del caudal del fluido se estima el diámetro teórico de la tubería.

De acuerdo con lo expuesto, el diámetro de la tubería puede conocerse a través de la expresión:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{V \cdot \pi}} \quad [1.7.1]$$

Siendo:

D: Diámetro tubería (m).

Q: Caudal (m³/s).

V: Velocidad recomendada (m/s).

2) El diámetro interior calculado en el apartado anterior nos sirve de referencia para determinar el diámetro exterior de la conducción en diseño [Tablas A2.5, A2.6 y A2.7 .Especificaciones de tuberías]. En las tablas mencionadas se muestran los diferentes diámetros nominales existentes para las conducciones comerciales, de manera que a cada valor le corresponde un único diámetro exterior. Se elige como diámetro exterior el comercial inmediatamente superior al diámetro interior calculado previamente. Este diámetro exterior será el definitivo de la conducción.

3) Estimación del espesor. Para hallar el valor del espesor de la tubería requerido para soportar la presión interna, se hace uso de las ecuaciones del Código ASME B31.3, según el cual, el espesor de la tubería se calcula mediante la expresión:

$$t = \frac{P_D \cdot D_o}{2 \cdot (S \cdot E + P_D \cdot Y)} \quad [1.7.2]$$

Si se considera el sobreespesor de corrosión y la tolerancia de fabricación, el cálculo del espesor mínimo de tubería queda:

$$t_{min} = \left(\frac{P_D \cdot D_o}{2 \cdot (S \cdot E + P_D \cdot Y)} + C \right) \cdot \frac{1}{1 - \left(\frac{M}{100} \right)} \quad [1.7.3]$$

Donde:

P_D : Presión de diseño (p.s.i.).

D_o : Diámetro exterior de la tubería (in).

S: Tensión máxima permisible del material a la temperatura de diseño (p.s.i.).

E: Eficiencia de soldadura.

Y: Coeficiente que depende del material de la tubería y de la temperatura de diseño.

C: Margen por corrosión.

M: Tolerancia de fabricación.

Seguidamente se determina el valor de cada una de las variables que intervienen en la ecuación anterior.

- Presión de diseño (P_D)

La presión de diseño se obtiene de dos formas:

- 1) Añadiéndole un 10% a la presión máxima de operación de cada una de las líneas.
- 2) Utilizando el valor de 30 psi.

Se escogerá el valor más desfavorable.

- Tensión máxima admisible (S)

La tensión máxima admisible tendrá un valor u otro dependiendo del material del que esté construida la tubería y de la temperatura de diseño. La temperatura de diseño de cada conducción se calcula como la temperatura máxima de la línea más 20 °C.

- Eficiencia de la soldadura (E)

Para tuberías sin costura la eficiencia de la soldadura toma el valor de la unidad ($E=1$).

- Factor Y

Las tuberías tendrán una temperatura de diseño que no ascenderá los 900 °F, y además todas las tuberías están construidas en acero inoxidable, por lo que según la normativa ANSI B.31.3, $Y=0,4$.

- Margen de corrosión (C)

Teniendo en cuenta los criterios establecidos por *Megyesy (2001)* en cuanto a la elección del margen de espesor debido a la corrosión, se determina un desgaste anual por corrosión de 0,005 in. Según la *Tabla.A2.9. Vida útil de los equipos*, el tiempo de vida de las tuberías se estima en 15 años. Por tanto:

$$C = 0,005 \frac{\text{in}}{\text{año}} \cdot 15 \text{ año} = 0,075 \text{ in}$$

- Tolerancia de fabricación (M)

Para todas las tuberías de la línea de proceso, que serán construidas sin costura, se considerará que tienen una tolerancia en el espesor de pared de -12,5%, es decir, la tubería puede tener un espesor de 12,5% menor.

$$M = 12,5\%$$

Una vez calculado el espesor mínimo, se toma como espesor de la conducción el inmediatamente superior al espesor mínimo calculado. Para ello, se vuelven a consultar las *Tablas A2.5, A2.6 y A2.7 .Especificaciones de tuberías*, las cuales indican los espesores asociados a cada uno de los diámetros exteriores, y como consecuencia se obtienen los diámetros interiores correspondientes.

- 4) Por último, a partir del espesor comercial de la tubería y el diámetro exterior calculado, queda fijado el diámetro interior, de modo que es posible calcular la velocidad real que llevará el fluido a través de la conducción mediante la expresión:

$$V = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot D^2} \quad [1.7.4]$$

Se calcula a continuación el diámetro de cada una de las conducciones de la línea de proceso:

Conducción N°1: Trasvase del vino desde antes de llegar a la planta de frío hasta el depósito que se encuentra en la cámara.

Se procede al cálculo de las dimensiones de la conducción n°1 mediante el proceso descrito anteriormente:

1) Diámetro interior inicial

Para la velocidad del líquido se tomará el valor de 1,5 m/s ya que pertenece al rango siguiente 0,7-1,5 m/s [Hidalgo Togores, 2003].

El caudal volumétrico es de:

$$Q = 10000 \frac{l}{h} \cdot \frac{1 dm^3}{1l} \cdot \frac{1 m^3}{1000 dm^3} \cdot \frac{1 h}{3600 s} = 0,0028 \frac{m^3}{s}$$

Por lo tanto el diámetro de la tubería se calcula con la expresión [1.7.1]:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,0028 \left(\frac{m^3}{s}\right)}{1,5 \left(\frac{m}{s}\right) \cdot \pi}} = 0,048 m = 1,88 in$$

2) Diámetro exterior

Ayudado de la *Tabla.A2.6.Especificaciones de tuberías*, se elige el diámetro exterior inmediatamente superior al diámetro interior hallado.

$$D_o = 2,375 in$$

3) Espesor

La conducción está construida en acero AISI 304, ya que este tipo de acero inoxidable es muy usado en las industrias alimentarias y en esta conducción no necesita mayor prestación que la que ofrece este material.

Ahora se especifica los parámetros recogido en la expresión [1.7.3]:

$$P_D = 30 \text{ psi.}$$

$$D_o = 2,875 \text{ in.}$$

S = 20000 psi (tensión máxima admisible para el acero AISI304 a la temperatura de trabajo).

$$Y = 0,4.$$

$$t_{min} = \left(\frac{30 \text{ (psi)} \cdot 2,375 \text{ (in)}}{2 \cdot (20000 \text{ (psi)} \cdot 1 + 30 \text{ (psi)} \cdot 0,4)} + 0,075 \text{ (in)} \right) \cdot \frac{1}{1 - \left(\frac{12,5}{100} \right)}$$

$$t_{min} = 0,088 \text{ in}$$

De acuerdo con la *Tabla.A2.6.Especificaciones de tuberías*, el espesor estándar es de:

$$t = 0,218 \text{ in}$$

4) Diámetro interior real

Puesto que ya conocemos el espesor de la tubería, se puede calcular el diámetro interior real:

$$D_i = D_o - 2 \cdot t$$

$$D_i = 2,375 \text{ (in)} - 2 \cdot 0,218 \text{ (in)} = 1,939 \text{ in} = 0,049 \text{ m}$$

Sustituyendo este nuevo diámetro en la ecuación [1.7.4], se obtiene la velocidad real:

$$V = \frac{4 \cdot 0,0028 \left(\frac{m^3}{s} \right)}{\pi \cdot 0,049^2 (m^2)} = 1,48 \text{ m/s}$$

Conducción N°2: Trasvase del vino desde el depósito situado en el interior de la cámara frigorífica hasta la salida de la planta de tratamiento de frío.

Se procede al cálculo de las dimensiones de la conducción n°2 mediante el proceso descrito en este apartado:

1) Diámetro interior inicial

Para la velocidad del líquido se tomará 1,5 m/s al igual que en la conducción anterior.

El caudal volumétrico es de:

$$Q = 10000 \frac{l}{h} \cdot \frac{1 dm^3}{1l} \cdot \frac{1 m^3}{1000 dm^3} \cdot \frac{1 h}{3600 s} = 0,0028 \frac{m^3}{s}$$

Por lo tanto el diámetro de la tubería se calcula con la expresión [1.7.1]:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,0028 \left(\frac{m^3}{s}\right)}{1,5 \left(\frac{m}{s}\right) \cdot \pi}} = 0,048 m = 1,88 in$$

2) Diámetro exterior

Ayudado de *Tabla.A2.6.Especificaciones de tuberías*, se elige el diámetro exterior inmediatamente superior al diámetro interior hallado.

$$D_o = 2,375 in$$

3) Espesor

La conducción está construida en acero AISI 304, ya que este tipo de acero inoxidable es muy usado en las industrias alimentarias y en esta conducción no necesita mayor prestación que la que ofrece este material.

Ahora se especifica los parámetros recogido en la expresión [1.7.3]:

$$P_D = 30 \text{ psi.}$$

$$D_o = 2,875 \text{ in.}$$

S = 20000 psi (tensión máxima admisible para el acero AISI304 a la temperatura de trabajo).

$$Y = 0,4.$$

$$t_{min} = \left(\frac{30 \text{ (psi)} \cdot 2,375 \text{ (in)}}{2 \cdot (20000 \text{ (psi)} \cdot 1 + 30 \text{ (psi)} \cdot 0,4)} + 0,075 \text{ (in)} \right) \cdot \frac{1}{1 - \left(\frac{12,5}{100} \right)}$$

$$t_{min} = 0,088 \text{ in}$$

De acuerdo con la *Tabla.A2.6.Especificaciones de tuberías*, el espesor estándar es de:

$$t = 0,218 \text{ in}$$

4) Diámetro interior real

Puesto que ya conocemos el espesor de la tubería, se puede calcular el diámetro interior real:

$$D_i = D_o - 2 \cdot t$$

$$D_i = 2,875 \text{ (in)} - 2 \cdot 0,218 \text{ (in)} = 1,939 \text{ in} = 0,049 \text{ m}$$

Sustituyendo este nuevo diámetro en la ecuación [1.7.4], se obtiene la velocidad real:

$$V = \frac{4 \cdot 0,0028 \left(\frac{m^3}{s} \right)}{\pi \cdot 0,049^2 (m^2)} = 1,48 \text{ m/s}$$

7.2. CÁLCULO DE LAS PÉRDIDAS DE CARGAS EN LAS CONDUCCIONES

En este apartado, se calculan las pérdidas de carga que sufre el fluido a través de las conducciones por las que circula, las cuales serán necesarias para la determinación de la potencias de las bombas.

La ecuación que permite obtener la pérdida de carga en tramos rectos, es la ecuación de Fanning:

$$h_f = (4f) \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g} \quad [1.7.5]$$

Donde:

h_f : pérdida de carga (m).

(4f): factor de fricción (adimensional).

L: Longitud de la tubería (m).

D: Diámetro interior de la tubería (m).

V: Velocidad del fluido (m/s).

g: Constante gravitatoria (m/s^2).

El factor de fricción se puede obtener a partir de la gráfica de Moody, conociendo previamente el Reynolds y la rugosidad relativa ϵ/D .

La rugosidad relativa se calcula a partir de la *Figura.A2.1. Gráfica de Moody* del diámetro de la tubería y del material de la tubería por la cual circula el fluido.

El número de Reynolds se calculará utilizando la siguiente expresión:

$$Re = \frac{V \cdot D \cdot \rho}{\mu} \quad [1.7.6]$$

Donde:

μ : Viscosidad del vino circulante (Pa/s).

V: Velocidad del vino (m/s).

D: Diámetro de la tubería (m).

ρ : Densidad del vino que circula por la tubería (kg/m³).

Para estimar la pérdida de carga en tuberías, es necesario considerar la pérdida de carga que se produce en los accesorios de las tuberías.

El circuito de conducciones diseñadas presenta accesorios en él, cumpliendo cada uno una función particular. Los utilizados son:

- **Ensanchamiento:** Tiene como función unir dos conducciones de distinto diámetro. Se sitúa en la transición del conducto menor al conducto mayor.
- **Estrechamientos:** Tiene como función unir dos conducciones de distinto diámetro. Se sitúa en la transición del conducto mayor al menor.
- **Curvatura de una conducción “codos”:** Mediante este accesorio se pretende cambiar la dirección del flujo. Existen con diferentes grados de curvatura. Los usados en el presente proyecto son los de 90°.

Todos estos accidentes provocan variaciones de magnitud o dirección de las velocidades de los fluidos que los atraviesan. Son muchas las veces que se producen rozamientos a causa de la separación de las capas límite, con la consiguiente formación de vórtices y torbellinos, que incrementan la turbulencia del flujo y una mayor disipación de energía mecánica útil en calor.

Estas pérdidas energéticas se llaman “menores” a causa de que la debida a cada uno de los accidentes por separado suele ser pequeña comparada con el rozamiento en las paredes de las conducciones en que están localizados. Sin embargo, la suma de todas las pérdidas menores puede adquirir importancia y suponer incluso una fracción apreciable de la pérdida total.

La pérdida de carga del sistema se hallará sumando las pérdidas de cargas producidas en el rozamiento con las paredes (en los tramos rectos de las tuberías) y las producidas en cada uno de los accesorios presentes:

$$h_{f_{total}} = \sum h_{f_{Tramo\ recto}} + \sum h_{f_{Accesorios}}$$

Para calcular la pérdida de carga debida a los accesorios se usa el método de la llamada “longitud equivalente del accesorio”, definida como la longitud de tubo recto, de igual diámetro que el accesorio, que producirá una pérdida de energía análoga. Así definida, la pérdida de carga producida por el accesorio vendría dada por la expresión:

$$h_{f_{accesorios}} = (4f) \cdot \frac{L_{eq}}{D} \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g} \quad [1.7.7]$$

Donde:

$h_{\text{faccessorios}}$: Pérdida de carga de los accesorios de la conducción (m).

L_{eq} : Longitud equivalente del accesorio (m).

V: Velocidad del vino (m/s).

D: Diámetro de la tubería (m).

g: Constante gravitatoria (m/s^2).

(4f): Factor de fricción (adimensional).

Mencionar que el valor de (4f) sería el mismo que el correspondiente al tubo recto y el valor de L_{eq} se determina mediante la *Figura.A2.5. Longitudes equivalentes de los principales accesorios*.

Por lo tanto modificando las expresiones [1.7.5.] y [1.7.6.] incluyendo las pérdidas de energía de los accesorios, se obtiene la expresión para el cálculo de las pérdidas de cargas totales:

$$h_f = (4f) \cdot \frac{L + L_{eq}}{D} \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g} \quad [1.7.8]$$

Conducción N°1: Trasvase del vino desde antes de llegar a la planta de frío hasta el depósito que se encuentra en la cámara.

En primer lugar hay que tener en cuenta el recorrido que hace el vino a través de la conducción.

Para realizar el cálculo de las pérdidas de carga se toma como valor correspondiente a L el mayor recorrido posible que tendrá que realizar el vino (*depósito número 5, Ver plano N°7: diagrama de impulsión y conducción de la planta*). Se tendrá en cuenta la altura del depósito de 66 m³, la altura del suelo al depósito y el radio de éste.

A continuación se describe el recorrido:

Se considera que el vino sale de un depósito (el cual se encuentra fuera de la planta de tratamiento por frío por lo tanto no se ha considerado como objeto del presente proyecto) pasa por un tramo de conducción de 2 m hasta llegar a la bomba y luego por 1,5 m de conducción hasta llegar al intercambiador de calor de placas, tras pasar por un ensanchamiento (0,049 a 0,051). A continuación sale del intercambiador de calor de placas y pasa por un estrechamiento (0,051 a 0,049) dirigiéndose al siguiente equipo que consiste en un intercambiador de calor de cuerpo rascado mediante una conducción de 3 m de longitud (considerando que la conexión no necesita ensanchamiento ni estrechamiento). Desde este equipo el vino se dirige mediante una conducción de 21 m hasta llegar al depósito más lejano, pasando a través de 7 válvulas, 6 estrechamientos (0,049 a 0,040 m), 6 ensanchamientos (0,040 a 0,049 m), 1 ensanchamiento (0,049 a 0,050 m) y 4 codos de 90°. Las conducciones serán de acero inoxidable AISI-304.

Tal como hemos descrito la conducción número 1 posee una longitud de:

$$L_{Tramo Recto} = 2,00(m) + 1,50(m) + 3,00(m) + 21(m) = 27,50 m$$

Para calcular la L_{eq} se considera los siguientes accesorios:

Accesorios	Unidades	L_{eq} de cada unidad (m)	L_{eq} total (m)
Válvulas de asiento	6	9,14	54,84
Válvula de mariposa	1	2,00	2,00
Codos	4	1,00	4,00
Ensanchamientos (0,040 – 0,049 m)	6	0,76	4,56
Ensanchamientos (0,049 – 0,051 m)	1	0,91	0,91
Ensanchamientos (0,049 – 0,050 m)	1	0,91	0,91
Estrechamientos (0,049 – 0,040 m)	6	0,30	1,80
Estrechamientos (0,051 – 0,049 m)	1	0,40	0,40
			69,82

$$L_{eq} = 69,82 \text{ m}$$

A continuación se presenta los parámetros necesarios para la determinación del número de Reynolds:

$$\rho = 993 \frac{kg}{m^3}$$

$$\mu = 1,2 \cdot 10^{-3} Pa/s$$

$$V = 1,48 m/s$$

$$D = 0,049 m$$

$$Re = \frac{1,48 \left(\frac{m}{s}\right) \cdot 0,049 (m) \cdot 993,00 \left(\frac{kg}{m^3}\right)}{1,2 \cdot 10^{-3} \left(\frac{Pa}{s}\right)} = 60010,30$$

Con respecto a la rugosidad relativa, sabemos de la *Figura.A2.1 Gráfica de Moody* que la rugosidad absoluta para el acero inoxidable es de 0,002 mm, por lo tanto dividiéndolo entre el diámetro obtenemos:

$$\frac{\varepsilon}{D} = \frac{0,002(mm)}{49,00(mm)} = 0,000041$$

A partir de la *Figura.A2.1 Gráfica de Moody*, y con los valores ya calculados del Reynolds y la rugosidad relativa, obtenemos el factor de fricción:

$$(4f) = 0,022$$

Sustituyendo en la ecuación [1.7.8], la pérdida de carga en la conducción número 1 es de:

$$h_f = 0,022 \cdot \frac{[27,50 (m) + 69,82 (m)]}{0,049 (m)} \cdot \frac{1,48^2 \left(\frac{m}{s}\right)^2}{2 \cdot 9,81 \left(\frac{m}{s^2}\right)} = 4,88 m$$

Conducción N°2: Trasvase del vino desde el depósito situado en el interior de la cámara frigorífica hasta la salida de la planta de tratamiento de frío.

En primer lugar hay que tener en cuenta el recorrido que hace el vino a través de la conducción.

Para realizar el cálculo de las pérdidas de carga se toma como valor correspondiente a L el mayor recorrido posible que tendrá que realizar el vino (*depósito número 5, Ver plano N°7: Diagrama de impulsión y conducción de la planta*). Se tendrá en cuenta la altura del depósito de 66 m³, la altura del suelo al depósito y el radio de éste.

A continuación se describe el recorrido:

La conducción comienza a la salida del depósito de 66 m³ (*depósito número 5, Ver plano N°7: Diagrama de impulsión y conducción de la planta*) y finaliza al pasar el intercambiador de calor de placas. Desde el depósito hasta el filtro (se considera que el equipo no necesita ni estrechamiento ni ensanchamiento ya que el dimensionado del filtro no es objeto del presente proyecto) la conducción tiene una longitud de 30,60 m y pasa a través de 7 válvulas, de 1 estrechamiento (0,050 m a 0,049 m), de 6 estrechamiento (de 0,049 m a 0,040 m), de 6 ensanchamientos de (0,040 m a 0,049 m) y de 3 codos. La conducción sale del filtro y acaba en el intercambiador de calor de placas. Este tramo tiene una longitud de 3,5 m y pasa por dos accesorios: un codo de 90° y un estrechamiento (de 0,049 m a 0,051 m). A la salida del intercambiador de calor de placas tras pasar por un ensanchamiento (de 0,051 m a 0,049 m) se pone un tramo de

conducción de 3,5 m. Las conducciones serán de acero inoxidable AISI-304.

Tal como hemos la conducción número 2 posee una longitud de:

$$L_{Tramo Recto} = 30,60(m) + 3,50(m) + 3,50(m) = 37,60 m$$

Para calcular la L_{eq} se considera los siguientes accesorios:

Accesorios	Unidades	L_{eq} de cada unidad (m)	L_{eq} total (m)
Válvulas de asiento	6	9,14	54,84
Válvula de mariposa	1	2,00	2,00
Codos	4	1,00	4,00
Ensanchamientos (0,040 – 0,049 m)	6	0,76	4,56
Ensanchamientos (0,049 – 0,051 m)	1	0,91	0,91
Estrechamientos (0,050 – 0,049 m)	1	0,91	0,91
Estrechamientos (0,049 – 0,040 m)	6	0,30	1,80
Estrechamientos (0,051 – 0,049 m)	1	0,40	0,40

69,42

$$L_{eq} = 69,42 \text{ m}$$

A continuación se presenta los parámetros necesarios para la determinación del número de Reynolds:

$$\rho = 993 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$\mu = 1,2 \cdot 10^{-3}$$

$$V = 1,48 \text{ m/s}$$

$$D = 0,049 \text{ m}$$

$$Re = \frac{1,48 \left(\frac{\text{m}}{\text{s}}\right) \cdot 0,049 \text{ (m)} \cdot 993,00 \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right)}{1,2 \cdot 10^{-3} \left(\frac{\text{Pa}}{\text{s}}\right)} = 60010,30$$

Con respecto a la rugosidad relativa, sabemos de la *Figura.A2.1 Gráfica de Moody* que la rugosidad absoluta para el acero inoxidable es de 0,002 mm, por lo tanto dividiéndolo entre el diámetro obtenemos:

$$\frac{\varepsilon}{D} = \frac{0,002(\text{mm})}{49,00(\text{mm})} = 0,000041$$

A partir de la *Figura.A2.1 Gráfica de Moody*, y con los valores ya calculados del Reynolds y la rugosidad relativa, obtenemos el factor de fricción:

$$(4f) = 0,022$$

Sustituyendo en la ecuación [1.7.8], la pérdida de carga en la conducción número 1 es de:

$$h_f = 0,022 \cdot \frac{[37,60 (m) + 69,42 (m)]}{0,049 (m)} \cdot \frac{1,48^2 \left(\frac{m}{s}\right)^2}{2 \cdot 9,81 \left(\frac{m}{s^2}\right)} = 5,36 m$$

7.3. AISLAMIENTO DE LAS CONDUCCIONES

Con el fin de evitar los consumos energéticos superfluos y debido a que el vino circula a temperatura inferior a la ambiente, se hace necesario utilizar un aislamiento térmico para reducir las pérdidas de energía.

El espesor será como mínimo el que se indica en la tabla siguiente:

Diámetro de la tubería (mm)	Temperatura del fluido (°C)			
	> -10	-10 a 0	0 a 10	> 10
D < 32	40	30	20	20
32 < D < 50	50	40	30	20
50 < D < 80	50	40	30	30
80 < D < 125	60	50	40	30
125 < D	60	50	40	30
Espesores mínimo de aislamiento térmico (mm)				

Tabla.A1.4. Espesores mínimos de aislamiento en tuberías

Los espesores mínimos de la tabla expresan exclusivamente exigencias de ahorro energético. No obstante, se deberá determinar que el espesor del aislamiento es el suficiente para evitar condensaciones superficiales.

Para ello se comienza definiendo la temperatura de rocío o saturación:

La temperatura de rocío de un ambiente se define como aquella temperatura en que el vapor de agua existente se encontraría en saturación. En otras palabras, si existe en dicho ambiente una superficie a dicha temperatura (o inferior) aparecerá agua líquida condensada sobre la misma.

Las expresiones necesarias para su cálculo son las siguientes:

$$T_s = \frac{35,85 \cdot \log(P'_{vs}) - 2148,496}{\log(P'_{vs}) - 10,2858} \quad [1.7.9]$$

$$P_{vs} = 10^{\frac{2148,496 - 10,2858 \cdot T_{ext}}{35,85 - T_{ext}}} \quad [1.7.10]$$

$$P'_v = \frac{H_r}{100} \cdot P_{vs} \quad [1.7.11]$$

Siendo:

T_s : Temperatura de saturación o rocío (K).

P_{vs} : Presión de vapor (Pa).

T_{ext} : Temperatura del ambiente (K).

H_r : Humedad relativa (%).

P'_v : Presión de vapor teniendo en cuenta la humedad relativa (Pa).

Los datos conocidos son:

$$H_r = 60\%$$

$$T_{\text{ext}} = 38 \text{ °C} = 311 \text{ K}$$

Mediante la ecuación [1.7.10] se obtiene el valor de la presión de saturación:

$$P_{vs} = 10^{\frac{2148,496 - 10,2858 \cdot 311(K)}{35,85 - 311(K)}}$$

$$P_{vs} = 6569,16 \text{ Pa}$$

Con esta presión de saturación y la humedad relativa se calcula la verdadera presión de saturación mediante la ecuación [1.7.11]:

$$P'_{vs} = \frac{60}{100} \cdot 6569,16 \text{ (Pa)} = 3941,50 \text{ Pa}$$

Y ahora se obtiene mediante la ecuación [1.7.9] la temperatura de saturación:

$$T_s = \frac{35,85 \cdot \log(3941,50) - 2148,496}{\log(3941,50) - 10,2858} = 301,87 = 28,88 \text{ °C}$$

Ahora se procede al cálculo de la temperatura de superficie con aislante. El objetivo es que la temperatura de la superficie sea mayor que la de saturación y por lo tanto no se produzca condensación.

Se considera tuberías de un material y espesor tal, que presenta una resistencia térmica de la tubería despreciable frente al valor de las demás

resistencias térmicas del sistema. Sólo se considera una única capa de aislamiento. Para ello empleamos las expresiones del flujo de calor:

$$\frac{q}{l} = \frac{(T_{ext} - T_{int})}{Resistencia} = \frac{(T_{ext} - T_{int})}{\frac{1}{2 \cdot \pi} \cdot \left[\frac{1}{h_i \cdot r_{ext}} + \frac{Ln\left(\frac{r_{ext} + e}{r_{ext}}\right)}{K_{ais}} + \frac{1}{h_e \cdot (r_{ext} + e)} \right]} \quad [1.7.12]$$

Siendo:

q/l : Calor por metro lineal de tubería y por unida de tiempo (kcal/h·m).

T_{ext} : Temperatura del ambiente (K).

T_{int} : Temperatura del interior (K).

h_i : Coeficiente de película interior (kcal/h·m²·°C).

h_e : Coeficiente de película exterior (kcal/h·m²·°C).

K_{ais} : Conductividad térmica del aislante (kcal/h·m·°C).

r_{ext} : radio exterior (m).

e : Espesor de la capa de aislamiento (m).

Ahora se particulariza para la superficie exterior:

$$\frac{(T_{ext} - T_{int})}{\frac{1}{2 \cdot \pi} \cdot \left[\frac{1}{h_i \cdot r_{ext}} + \frac{Ln\left(\frac{r_{ext} + e}{r_{ext}}\right)}{K_{ais}} + \frac{1}{h_e \cdot (r_{ext} + e)} \right]} = \frac{(T_{ext} - T_{sup})}{\frac{1}{2 \cdot \pi \cdot h_e \cdot (r_{ext} + e)}} \quad [1.7.13]$$

Siendo:

T_{sup} : Temperatura en la superficie de la cara exterior (°C).

De la ecuación anterior se despeja el valor de la temperatura de la superficie exterior:

$$T_{sup} = T_{ext} - \frac{(T_{ext} - T_{int})}{\left[\frac{1}{h_i \cdot r_{ext}} + \frac{\ln\left(\frac{r_{ext} + e}{r_{ext}}\right)}{K_{ais}} + \frac{1}{h_e \cdot (r_{ext} + e)} \right]} \cdot h_e \cdot (r_{ext} + e) \quad [1.7.14]$$

Sabiendo que el diámetro exterior de las tuberías (sin aislamiento) es de 0,060 m (2,375 in) (Ver apartado 7.1. Cálculo del diámetro de las conducciones del presente Anexo) y que el vino circula a $-6,5^{\circ}\text{C}$ (temperatura más desfavorable), se obtiene de la *Tabla.A1.4.Espesores mínimos de aislamientos en tuberías* que el espesor mínimo de aislamiento térmico es de 40 mm.

Se procede al cálculo del coeficiente de película interior:

$$h_i = \frac{1057 \cdot (1,352 + 0,019 \cdot T) \cdot v^{0,8}}{D^{0,2}} \quad [1.7.15]$$

Siendo:

D: Diámetro interior de la tubería (m).

v: Velocidad del vino (m/s).

T: Temperatura ($^{\circ}\text{C}$).

Los valores numéricos de dichos parámetros fueron calculados en los apartados anteriores y son:

D= 0,049 m

v= 1,48 m/s

T= $-6,5^{\circ}\text{C}$

Sustituyendo los valores se obtiene:

$$h_i = \frac{1057 \cdot (1,352 + 0,019 \cdot (-6,5)(^{\circ}C)) \cdot 1,48^{0,8} \left(\frac{m}{s}\right)}{0,049^{0,2} (m)} = 3248,03 \frac{W}{m^2 \cdot K}$$

El coeficiente de película externo en kcal/h·m²·°C se obtiene de la siguiente tabla:

Diámetro externo (m)	Velocidad del viento (m/s)				
	0 - 1	1 - 2	2 - 5	5 - 10	< 10
0 - 0,026	17,9	24,5	39,8	63,0	115,0
0,026 - 0,052	11,9	17,4	31,0	50,0	93,0
0,052 - 0,076	9,9	15,0	27,3	43,8	83,0
0,076 - 0,102	8,8	13,5	24,8	40,2	76,0
0,102 - 0,152	7,5	11,7	21,9	35,5	68,0
0,152 - 0,203	6,8	10,7	20,1	32,6	63,0
0,203 - 0,300	5,7	9,1	17,3	28,1	55,0
0,300 - 0,500	4,9	7,9	14,9	24,3	47,4
< 0,500	4,3	7,1	13,3	21,9	42,7

Tabla.A1.5. Coeficiente de película externo

Teniendo en cuenta que el diámetro exterior de la tubería es de 0,060 m y la velocidad del viento es pequeña 0-1 (se considera que las tuberías están dentro de un edificio), el valor numérico del coeficiente de película externo es de 9,9 kcal/h·m²·°C. A continuación se pone en las unidades adecuadas:

$$h_e = 9,9 \frac{kcal}{h \cdot m^2 \cdot ^{\circ}C} \cdot \frac{4187 J}{1 kcal} \cdot \frac{1h}{3600 s} = 11,51 \frac{W}{m^2 \cdot ^{\circ}C}$$

Si el aislante térmico usado es armaflex, se sabe que su conductividad térmica es de 0,03 kcal/h·m·°C, colocándolo en las unidades adecuadas se obtiene:

$$K_{ais} = 0,03 \frac{kcal}{h \cdot m \cdot ^\circ C} \cdot \frac{4187 J}{1 kcal} \cdot \frac{1h}{3600 s} = 0,035 \frac{W}{m \cdot ^\circ C}$$

Se calcula de la ecuación [1.7.14] la resistencia, de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} & \left[\frac{1}{h_i \cdot r_{ext}} + \frac{\ln\left(\frac{r_{ext} + e}{r_{ext}}\right)}{K_{ais}} + \frac{1}{h_e \cdot (r_{ext} + e)} \right] \\ &= \left[\frac{1}{1832,17 \left(\frac{W}{m^2 \cdot K}\right) \cdot 0,036 (m)} + \frac{\ln\left(\frac{0,076(m)}{0,036(m)}\right)}{0,035 \left(\frac{W}{m \cdot K}\right)} \right. \\ & \left. + \frac{1}{11,51 \left(\frac{W}{m^2 \cdot K}\right) \cdot 0,076 (m)} \right] = 22,50 \frac{m \cdot K}{W} \end{aligned}$$

Con el valor de la resistencia se puede obtener mediante la ecuación [1.7.14] la temperatura superficial exterior:

$$\begin{aligned} T_{sup} &= 311(K) - \frac{(311(K) - (266)(K))}{22,50 \left(\frac{m \cdot K}{W}\right) \cdot 11,51 \left(\frac{W}{m^2 \cdot K}\right) \cdot 0,076 (m)} \\ &= 35,71 ^\circ C \end{aligned}$$

$$T_{sup} = 35,71 ^\circ C > T_s = 28,88 ^\circ C$$

Por lo tanto no existe condensación y el espesor de aislante es de 40 mm.

8. DISEÑO DE LOS SISTEMAS DE IMPULSIÓN

8.1. TIPOS Y NÚMEROS DE BOMBAS

El diseño de la planta de tratamiento en frío requiere la impulsión del vino. Esta impulsión puede ser variada, aunque se destacan dos formas principales: por desplazamiento volumétrico del fluido y por acción de una fuerza centrífuga. Las que forman parte del primer grupo reciben el nombre de bombas de desplazamiento positivo, mientras que las que se engloban dentro del segundo son bombas centrífugas.

Se utilizara como equipo auxiliar destinado a la impulsión de un fluido líquido bombas del tipo centrífuga.

En el diseño de la planta de tratamiento en frío que se realiza en el presente Proyecto, se recurre al empleo de bombas en dos puntos del sistema:

- **Conducción número 1:** La bomba (Bomba-01) se coloca antes del intercambiador de calor de placas para trasegar el vino hasta el depósito.
- **Conducción número 2:** La bomba (Bomba-02) se coloca a la salida de la cámara isotérmica con el objeto de impulsar el vino hasta la salida de la planta de tratamiento en frío.

En todas y cada una de estas conducciones es necesario la sobredimensión del equipo implantando dos bombas conectadas en bypass con el fin de incrementar la vida útil de las mismas combinando periódicamente su uso. En cada línea, el diseño se realizará sólo para una de ellas puesto que se trata de equipos idénticos.

8.2. DISEÑO DE LA BOMBA DE TRASIEGO DE VINO HACIA LOS DEPÓSITOS (BOMBA-01)

8.2.1. DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS PRINCIPALES

La primera bomba (Bomba-01) de la planta de tratamiento en frío tiene como misión la impulsión del vino desde la entrada del intercambiador de calor de placas hasta los depósitos situados en la cámara isotérmica.

Tal y como se ha mencionado con anterioridad se hará uso de dos bombas idénticas conectadas en bypass con el fin de disponer de una mayor versatilidad en el trabajo y por motivos del mantenimiento en planta. El primer equipo es una bomba centrífuga.

A la hora de diseñar la bomba deben definirse tres parámetros fundamentales que ayudan a seleccionarla comercialmente:

- H: Carga útil de la bomba (m).
- N: Potencia (W).
- NPSH_d: Altura neta de succión positiva disponible (m).

8.2.1.1. DETERMINACIÓN DE LA CARGA ÚTIL

La altura útil (H) es la energía que debe transmitir la bomba al fluido. Se calcula aplicando la Ecuación de Bernouilli entre dos puntos, el de aspiración y el de descarga de la bomba:

$$\frac{P_1}{\rho \cdot g} + z_1 + \frac{v_1^2}{2 \cdot g} + H = \frac{P_2}{\rho \cdot g} + z_2 + \frac{v_2^2}{2 \cdot g} + h_{f1-2} \quad [1.8.1]$$

Despejando la altura útil H, se obtiene:

$$H = \left(\frac{P_2 - P_1}{\rho \cdot g} \right) + (z_2 - z_1) + \left(\frac{v_2^2 - v_1^2}{2 \cdot g} \right) + h_{f1-2} \quad [1.8.2]$$

Donde:

$P_2 - P_1 / \rho \cdot g$: Diferencia de presiones entre los puntos 1 y 2.

$z_2 - z_1$: Diferencia de altura entre los puntos 1 y 2.

$((v_2)^2 - (v_1)^2) / (2 \cdot g)$: Diferencia de velocidad entre los puntos 1 y 2.

h_{f1-2} : Carga debida a la fricción entre los puntos 1 y 2.

El punto 1 hace referencia a la aspiración de la bomba y el punto 2 a la descarga de la misma.

El punto de aspiración se considera (ya que no es objeto del presente proyecto) que se encuentra situado en un depósito que está colocado justo antes de que comience la conducción del intercambiador de calor de placas y el punto de descarga considerado se encuentra en el depósito (*depósito número 5, Ver plano N°7: Diagrama de impulsión y conducción de la planta*). Para el cálculo de la altura útil de la bomba se tendrá en cuenta el caso más desfavorable: el depósito de aspiración está vacío y el depósito de impulsión lleno.

Se define ahora los parámetros conocidos:

- P_1 : Es la presión en el punto de aspiración. Se considera que el vino llega procedente de un depósito que está prácticamente vacío. Por este motivo la presión en este punto se considera presión atmosférica.

$$P_1 = 101325 \text{ Pa}$$

- P_2 : Es la presión en el punto de descarga. La presión es la atmosférica:

$$P_2 = 101325 \text{ Pa}$$

- Z_1 : Altura en la superficie de aspiración. Se considera este punto como altura del depósito de aspiración cuando éste se encuentra vacío.

$$z_1 = 0,5 \text{ m}$$

- Z_2 : Altura en la superficie de descarga. Se considera este punto como la altura del depósito, incluyendo la distancia de este con respecto al suelo.

$$z_2 = 8,26 + 0,5 = 8,76 \text{ m}$$

- V_1 : Velocidad lineal en la aspiración. Se considera que el vino procede de un depósito, como se ha mencionado con anterioridad no es objeto del presente proyecto, que se considera lo suficientemente grande como para que la velocidad en este punto se aproxime a cero.

$$v_1 \cong 0 \text{ m/s}$$

- V_2 : Velocidad lineal en la descarga. Su valor es:

$$v_2 \cong 0 \text{ m/s}$$

- h_{f1-2} : Pérdida de carga total entre la aspiración y la descarga. Esta pérdida de carga es la suma de las pérdidas de cargas en los tramos rectos de las tuberías, en los accesorios, en el intercambiador de calor de placas y en el intercambiador de calor de superficie rascada.

$$h_{f1-2} = h_f + h_{fIP} + h_{fIR}$$

h_f : Pérdida de carga en el tramo 1-2 (m).

h_f : Pérdida de carga en tramos rectos de tuberías y en los accesorios (m).

h_{fIP} : Pérdida de carga en el intercambiador de calor de placas (m).

h_{fIR} : Pérdida de carga en el intercambiador de calor de superficie rascada (m).

El término de h_f , es el calculado en el apartado 7.2. *Cálculo de las pérdidas de carga en las conducciones del presente Anexo* y tiene un valor de 4,88 m.

Para calcular el término h_{fIP} recurrimos al intercambiador de calor de placas donde ya se calculo la pérdida de carga (*Ver apartado 2.5 Cálculo de las pérdidas de carga del presente Anexo*) teniendo un valor de:

$$\Delta P = 19649,11 \frac{\text{kg}}{\text{m} \cdot \text{s}^2}$$

Este valor se transforma a carga de la siguiente manera:

$$\Delta P = \rho \cdot g \cdot h_{fIP} \quad [1.8.3]$$

Donde:

ΔP : Pérdida de presión en el intercambiador de calor de placas ($\text{kg}/(\text{m} \cdot \text{s}^2)$).

ρ : Densidad del vino (kg/m^3).

g : Constante gravitacional (m/s^2).

h_{fIP} : Pérdida de carga en el intercambiador de calor de placas (m).

$$h_{fIP} = \frac{\Delta P}{\rho \cdot g}$$
$$h_{fIP} = \frac{19649,11 \left(\frac{\text{kg}}{\text{m} \cdot \text{s}^2} \right)}{993 \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) \cdot 9,81 \left(\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right)} = 1,71 \text{ m}$$

Por lo tanto ya conocemos que h_{fIP} posee un valor de 1,71m. A efectos de simplificación de los cálculos, se considera la misma pérdida de carga en el intercambiador de calor de cuerpo raspado.

$$h_{f1-2} = 4,88 \text{ (m)} + 1,71 \text{ (m)} + 1,71 = 8,3 \text{ m}$$

Con todos estos datos se obtiene un valor de H de la ecuación [1.8.2]:

$$H = \left(\frac{101325(\text{Pa}) - 101325(\text{Pa})}{993 \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) \cdot 9,81 \left(\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right)} \right) + (8,76(\text{m}) - 0,5(\text{m}))$$
$$+ \left(\frac{0^2 \left(\frac{\text{m}^2}{\text{s}^2} \right) - 0^2 \left(\frac{\text{m}^2}{\text{s}^2} \right)}{2 \cdot 9,81 \left(\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right)} \right) + 8,3(\text{m})$$

$$H = 8,26(\text{m}) + 8,3(\text{m}) = 16,56 \text{ m}$$

8.2.1.2. DETERMINACIÓN DE LA POTENCIA

La potencia hidráulica de una bomba, N, es la potencia precisada por la bomba exclusivamente para bombear el fluido, en otras palabras, es la potencia requerida para impulsar el caudal a la altura útil.

$$N = Q \cdot \rho \cdot g \cdot H \text{ [1.8.4]}$$

Donde:

N: Potencia de la boma (W).

Q: Caudal a elevar (m^3/s).

ρ : Densidad del líquido (kg/m^3).

g: Constante gravitatoria (m/s^2).

H: Carga útil (m).

Todos los parámetros de esta ecuación son conocidos y sus valores son:

$$Q = 0,0028 \text{ m}^3/s$$

$$\rho = 993 \text{ kg/m}^3$$

$$g = 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$H = 16,56 \text{ m}$$

Por lo tanto:

$$N = 0,0028 \left(\frac{m^3}{s} \right) \cdot 993 \left(\frac{kg}{m^3} \right) \cdot 9,81 \left(\frac{m}{s^2} \right) \cdot 16,56 \text{ (m)} = 451,66 \text{ W}$$

Para calcular la potencia absorbida por el eje de la bomba (N') se hace uso de la expresión anterior introduciéndole el rendimiento de la bomba (η_b). El valor de este rendimiento es de 0,65 [Hidalgo Togores, 2003]. Por lo tanto la potencia absorbida tiene un valor de:

$$N' = \frac{N}{\eta_b} = \frac{451,66 \text{ W}}{0,65} = 694,86 \text{ W}$$

Se recomienda que la potencia de la bomba sea un 25% superior a la calculada, por lo tanto la bomba deberá tener una potencia de **0,87 kW**.

8.2.1.3. DETERMINACIÓN DE LA CARGA NETA DE SUCCIÓN POSITIVA DISPONIBLE

La cavitación es un fenómeno que se produce cuando la presión en algún punto de la corriente líquida se hace menor que la presión de vapor del líquido a la temperatura de trabajo. Este descenso en la presión hace que el

líquido se vaporice, apareciendo burbujas (“cavidades”) en el seno de la corriente líquida. Esta corriente arrastra las burbujas hasta zonas de mayor presión en las que desaparecen, produciéndose un aumento local de la presión que puede afectar al sistema de transporte, lo que ocasiona el deterioro de la misma. Este fenómeno de cavitación produce una disminución de las presiones de aspiración y de descarga de la bomba, pudiendo provocar que ésta se vacíe de líquido. Para evitar este fenómeno, la bomba debe trabajar bajo ciertas condiciones. Para conocer estas condiciones de trabajo se define la carga neta de succión positiva (NPSH), que es la diferencia entre la carga de aspiración y la presión de vapor del líquido:

$$NSPH_d = H_a - h_v$$

En esta ecuación la presión de vapor del líquido, h_v , viene expresada en metros. Como los fluidos alimentarios poseen un alto porcentaje en agua, como es el caso del vino, para la presión de vapor h_v , se suele tomar la del agua pura, que además asegura la situación más desfavorable en este fenómeno físico.

Esta carga neta de succión positiva es característica de cada sistema específico, y depende de la altura de dicho sistema, situación de la bomba y de las características particulares de la tubería. Puede calcularse según la ecuación:

$$NSPH_d = (z_a - z_e) + \frac{v_a^2}{2 \cdot g} + \frac{P_a - P_v}{\rho \cdot g} - h_{fa-e} \quad [1.8.5]$$

Donde:

$NSPH_d$: Carga neta de succión positiva (m).

z_a : Altura del punto de aspiración (m).

z_e : Altura de la entrada de la bomba (m).

v_a : Velocidad en el punto de aspiración (m/s).

P_a : Presión en el punto de aspiración (Pa).

P_v : Presión de vapor del líquido a la temperatura de trabajo (Pa).

h_{fa-e} : Pérdida de carga entre la superficie de aspiración y la entrada de la bomba (m).

Para calcular la presión de vapor del vino, se considera que es la del agua (ya que una proporción mayoritaria es agua) y la temperatura de trabajo es la más desfavorable 25°C. Haciendo uso de la *Tabla.A2.12. Propiedades del vapor de agua* y mediante una interpolación se obtiene:

$$\frac{24 - 27}{2985 - 3567} = \frac{24 - 25}{2985 - P_v}$$

$$P_v = 3179 Pa$$

Para calcular la pérdida de carga entre la superficie de aspiración y la entrada de la bomba se utiliza la ecuación de Fanning aplicada a esa zona:

$$h_{f-a} = (4f) \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g} \quad [1.8.6]$$

Donde:

h_{f-a} : Pérdida de carga entre la superficie de aspiración y la entrada de la bomba (m).

(4f): Factor de fricción.

L: Longitud desde la aspiración hasta el punto de entrada a la bomba (m).

D: Diámetro interior de la tubería (m).

g: Constante gravitacional (m/s^2).

v: Velocidad del vino en el punto de entrada a la bomba (m/s).

Se considera una distancia de 2 m tomando este valor como una distancia mínima, ya que no es objeto del presente proyecto las operaciones que estén fuera de la planta de tratamiento de frío.

Los valores del diámetro interior de las líneas, velocidad de circulación, la longitud de los accesorios, la longitud del tramo recto de la conducción y factor de fricción presentes en las mismas se han tomado del *apartado y subapartados del punto 7. DISEÑO DEL SISTEMA DE CONDUCCIONES del presente ANEXO*. Por lo tanto:

$$h_{fa-e} = 0,022 \cdot \frac{2(m)}{0,049(m)} \cdot \frac{1,48^2 \left(\frac{m}{s}\right)^2}{2 \cdot 9,81 \left(\frac{m}{s^2}\right)} = 0,10 m$$

La presión en el punto de aspiración será la atmosférica 101325 Pa. La altura en el punto de aspiración es 0,50 m con respecto a la entrada de la bomba. Por lo tanto sustituyendo los datos en la ecuación [1.8.5]:

$$NPSH_d = 0,50 m + \frac{1,48^2(m^2)}{2 \cdot 9,81 \left(\frac{m}{s^2}\right)} + \frac{101325(Pa) - 3179(Pa)}{993 \left(\frac{kg}{m^3}\right) \cdot 9,81 \left(\frac{m}{s^2}\right)} - 0,10 (m) = 10,59 m$$

8.2.1.4. CARGA NETA DE SUCCIÓN POSITIVA REQUERIDA

La carga neta de succión positiva requerida, NPSHr, se define como la presión de succión mínima que requiere la bomba para mantener un funcionamiento estable sin que se produzca el fenómeno de la cavitación. El límite para esta presión viene marcado por la presión de vapor del

fluido. Su valor se define de forma experimental y es proporcionado por el fabricante de la bomba.

El modelo comercial que se elige con tal fin es el C/41E desarrollado por la empresa CALPEDA. Esta bomba está adaptada para trabajar con una presión máxima de 6 bar, en un rango de temperatura de -10°C/90°C y un motor de 2900 rpm.

La curva característica del fabricante (*Ver Figura.A2.6. Carga neta de succión requerida de la Bomba C/41E*) indica que la altura de succión positiva requerida, $NPSH_r$, para este modelo y un caudal de trabajo de 10 m³/h es de aproximadamente 1,50 metros.

8.2.1.5. COMPROBACIÓN DEL CORRECTO FUNCIONAMIENTO DE LA BOMBA

Para garantizar el correcto funcionamiento de la bomba, solventando los problemas derivados de la cavitación debe cumplirse siempre que:

$$NPSH_d > NPSH_r$$

Para el modelo que se elige se cumple dicho criterio con lo cual es posible asegurar un correcto funcionamiento de este equipo para las condiciones de trabajo especificadas.

$$NPSH_d = 10,59 \text{ m} > NPSH_r = 1,50 \text{ m}$$

Por lo tanto la bomba funciona correctamente.

Con los datos obtenidos mediante los cálculos desarrollados en los apartados anteriores, se obtiene que las características principales de la bomba son:

- Fluido a impulsar: Vino
- Caudal: 10 m³/h

- Altura útil: 16,56 m
- Carga neta de aspiración requerida: 1,50 m
- Potencia de accionamiento: 0,87 kW

8.3. BOMBA DE TRASIEGO DE VINO HASTA LA SALIDA DE LA PLANTA DE FRÍO (BOMBA-02)

8.3.1. DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS PRINCIPALES

La segunda bomba (Bomba-02) de la planta de tratamiento en frío tiene como misión la impulsión del vino desde los depósitos situados en la cámara isotérmica hasta la salida de la planta de frío.

Tal y como se ha mencionado con anterioridad se hará uso de dos bombas idénticas conectadas en bypass con el fin de disponer de una mayor versatilidad en el trabajo y por motivos del mantenimiento en planta. El segundo equipo es una bomba centrífuga.

A la hora de diseñar la bomba deben definirse tres parámetros fundamentales que ayudan a seleccionarla comercialmente:

- H: Carga útil de la bomba (m).
- N: Potencia (W).
- NPSH_d: Altura neta de succión positiva disponible (m).

8.3.1.1. DETERMINACIÓN DE LA CARGA ÚTIL

La altura útil (H) es la energía que debe transmitir la bomba al fluido. Se calcula aplicando la Ecuación de Bernouilli [1.8.1] entre dos puntos, de aspiración y descarga de la bomba:

$$\frac{P_1}{\rho \cdot g} + z_1 + \frac{v_1^2}{2 \cdot g} + H = \frac{P_2}{\rho \cdot g} + z_2 + \frac{v_2^2}{2 \cdot g} + h_{f1-2}$$

Despejando la altura útil H, se obtiene la ecuación [1.8.2]:

$$H = \left(\frac{P_2 - P_1}{\rho \cdot g} \right) + (z_2 - z_1) + \left(\frac{v_2^2 - v_1^2}{2 \cdot g} \right) + h_{f1-2}$$

Donde:

H: Carga útil de la bomba (m).

$P_2 - P_1 / \rho \cdot g$: Diferencia de presiones entre los puntos 1 y 2.

$z_2 - z_1$: Diferencia de altura entre los puntos 1 y 2.

$((v_2)^2 - (v_1)^2) / (2 \cdot g)$: Diferencia de velocidad entre los puntos 1 y 2.

h_{f1-2} : Carga debida a la fricción entre los puntos 1 y 2.

El punto 1 hace referencia a la aspiración de la bomba y el punto 2 a la descarga de la misma.

El punto de aspiración considerado es justo de la salida del depósito y para conocer el punto de descarga se considera (ya que no es objeto del presente proyecto) que existe un depósito de igual capacidad que se encuentra a la salida del intercambiador de calor de placas. Para calcular la altura útil de la bomba se tiene en cuenta la situación más desfavorable, donde se considera que el depósito de aspiración está prácticamente vacío y el depósito de descarga está prácticamente lleno. Por lo tanto, los valores de los términos son:

- P_1 : Es la presión en el punto de aspiración. Este punto hace referencia al tanque y la presión es:

$$P_1 = 101325 \text{ Pa}$$

- P_2 : Es la presión en el punto de descarga. La presión es la atmosférica:

$$P_2 = 101325 \text{ Pa}$$

- Z_1 : Altura en la superficie de aspiración. Se considera el caso más desfavorable que sería cuando el depósito este vacío. Por tanto la altura será la que exista entre el suelo y el depósito:

$$z_1 = 0,50 \text{ m}$$

- Z_2 : Altura en la superficie de descarga. Se considera este punto cuando el depósito este lleno por ser el caso más desfavorable. Por lo tanto el término tiene valor de :

$$z_2 = 8,76 \text{ m}$$

- V_1 : Velocidad lineal en la aspiración. El vino procede de un depósito considera lo suficientemente grande como para que la velocidad en este punto se aproxime a cero.

$$v_1 \cong 0 \text{ m/s}$$

- V_2 : Velocidad lineal en la descarga. Se considera que :

$$v_2 \cong 0 \text{ m/s}$$

- h_{f1-2} : Pérdida de carga total entre la aspiración y la descarga. Esta pérdida de carga es la suma de las pérdidas de cargas en los tramos rectos de las tuberías y en los accesorios (no se considera la pérdida de carga del filtro, ya que este equipo no es objeto del presente proyecto).

$$h_{f1-2} = h_f + h_{IP}$$

h_{f1-2} : Pérdida de carga entre los puntos 1-2 (m).

h_f : Pérdida de carga en tramos rectos de tuberías y en los accesorios (m).

h_{IP} : Pérdida de carga en el intercambiador de calor de placas (m).

El término de h_f se calculo en el apartado 7.2. *CÁLCULO DE LAS PÉRDIDAS DE CARGA EN LAS CONDUCCIONES del presente ANEXO* y su valor es de 5,36 m.

El término de h_{IP} se calculo en el apartado 8.2.1.1. *DETERMINACIÓN DE LA CARGA ÚTIL del presente ANEXO* y su valor es de 1,71 m.

Por lo tanto se obtiene:

$$h_{f1-2} = 5,36 (m) + 1,71(m) = 7,07 m$$

Con todos estos datos se obtiene un valor de H de la ecuación [1.8.2]:

$$H = \left(\frac{101325(Pa) - 101325(Pa)}{993 \left(\frac{kg}{m^3} \right) \cdot 9,81 \left(\frac{m}{s^2} \right)} \right) + (8,76(m) - 0,50(m)) + 7,07 (m)$$

$$H = 8,26 (m) + 7,07 (m) = 15,33 m$$

8.3.1.2. DETERMINACIÓN DE LA POTENCIA

La potencia hidráulica de una bomba, N, es la potencia precisada por la bomba exclusivamente para bombear el fluido, en otras palabras, es la potencia requerida para impulsar el caudal a la altura útil. Se calcula mediante la ecuación [1.8.4]:

$$N = Q \cdot \rho \cdot g \cdot H$$

Donde:

Q: Caudal a elevar (m^3/s).

ρ : Densidad del líquido (kg/m^3).

g: Constante gravitatoria (m/s^2).

H: Carga útil (m).

Todos los parámetros de esta ecuación son conocidos y sus valores son:

$$Q = 0,0028 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\rho = 993 \text{ kg/m}^3$$

$$g = 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$H = 15,33 \text{ m}$$

$$N = 0,0028 \left(\frac{\text{m}^3}{\text{s}} \right) \cdot 993 \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) \cdot 9,81 \left(\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right) \cdot 15,33 \text{ (m)} = 418,14 \text{ W}$$

Para calcular la potencia absorbida por el eje de la bomba (N') se hace uso de la expresión anterior introduciéndole el rendimiento de la bomba (η_b). El valor de este rendimiento es de 0,65 [Hidalgo Tогores, 2003]. Por lo tanto la potencia absorbida tiene un valor de:

$$N' = \frac{N}{\eta_b} = \frac{418,14 \text{ W}}{0,65} = 643,29 \text{ W}$$

Por lo tanto la bomba deberá tener una potencia mayor (25%), siendo su valor por lo tanto de **0,80 kW**

8.3.1.3. DETERMINACIÓN DE LA CARGA NETA DE SUCCIÓN POSITIVA DISPONIBLE

La cavitación es un fenómeno que se produce cuando la presión en algún punto de la corriente líquida se hace menor que la presión de vapor del líquido a la temperatura de trabajo. Este descenso en la presión hace que el líquido se vaporice, apareciendo burbujas (“cavidades”) en el seno de la corriente líquida. Esta corriente arrastra las burbujas hasta zonas de mayor presión en las que desaparecen, produciéndose un aumento local de la

presión que puede afectar al sistema de transporte, lo que ocasiona el deterioro de la misma. Este fenómeno de cavitación produce una disminución de las presiones de aspiración y de descarga de la bomba, pudiendo provocar que ésta se vacíe de líquido. Para evitar este fenómeno, la bomba debe trabajar bajo ciertas condiciones. Para conocer estas condiciones de trabajo se define la carga neta de succión positiva (NPSH), que es la diferencia entre la carga de aspiración y la presión de vapor del líquido:

$$NSPH_d = H_a - h_v$$

En esta ecuación la presión de vapor del líquido, h_v , viene expresada en metros. Como los fluidos alimentarios poseen un alto porcentaje en agua, como es el caso del vino, para la presión de vapor h_v , se suele tomar la del agua pura, que además asegura la situación más desfavorable en este fenómeno físico.

Esta carga neta de succión positiva es característica de cada sistema específico, y depende de la altura de dicho sistema, situación de la bomba y de las características particulares de la tubería. Puede calcularse según la ecuación [1.8.5]:

$$NSPH_d = (z_a - z_e) + \frac{v_a^2}{2 \cdot g} + \frac{P_a - P_v}{\rho \cdot g} - h_{fa-e}$$

Donde:

z_a : Altura del punto de aspiración (m).

z_e : Altura de la entrada de la bomba (m).

v_a : Velocidad en el punto de aspiración (m/s).

P_a : Presión en el punto de aspiración (Pa).

P_v : Presión de vapor del líquido a la temperatura de trabajo (Pa).

h_{fa-e} : Pérdida de carga entre la superficie de aspiración y la entrada de la bomba.

Para calcular la presión de vapor del vino, se considera que es la del agua (ya que una proporción mayoritaria es agua) y la temperatura de trabajo es la más desfavorable 25°C. Haciendo uso de la *Tabla.A2.12. Propiedades del vapor de agua* y mediante una interpolación se obtiene:

$$\frac{24 - 27}{2985 - 3567} = \frac{24 - 25}{2985 - P_v}$$

$$P_v = 3179 \text{ Pa}$$

Para calcular la pérdida de carga entre la superficie de aspiración y la entrada de la bomba se utiliza la ecuación de Fanning ya mencionada aplicada a esa zona [1.8.6]:

$$h_{f-a} = (4f) \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g}$$

Donde:

h_{f-a} : Pérdida de carga entre la superficie de aspiración y la entrada de la bomba (m).

(4f): Factor de fricción.

L: Longitud desde la aspiración hasta el punto de entrada a la bomba (m).

D: Diámetro interior de la tubería (m).

g: Constante gravitacional (m/s^2).

v: Velocidad del vino en el punto de entrada a la bomba (m/s).

La distancia desde el punto de aspiración a la entrada de la bomba es de 22,80 m.

Los valores del diámetro interior de las líneas, velocidad de circulación, la longitud de los accesorios, la longitud del tramo recto de la conducción y factor de fricción presentes en las mismas se han tomado del *apartado y subapartados del punto 7. DISEÑO DEL SISTEMA DE CONDUCCIONES del presente ANEXO*. Por lo tanto:

$$h_{fa-e} = 0,022 \cdot \frac{22,80(m)}{0,049(m)} \cdot \frac{1,48^2 \left(\frac{m}{s}\right)^2}{2 \cdot 9,81 \left(\frac{m}{s^2}\right)} = 1,14m$$

La presión en el punto de aspiración será la atmosférica 101325 Pa. La diferencia de altura en el punto de aspiración y a la entrada de la bomba es de 0,50m. Por lo tanto sustituyendo los datos en la ecuación [1.8.5]:

$$\begin{aligned} NPSH_d &= 0,5 m + \frac{1,48^2(m^2)}{2 \cdot 9,81 \left(\frac{m}{s^2}\right)} + \frac{101325(Pa) - 3179(Pa)}{993 \left(\frac{kg}{m^3}\right) \cdot 9,81 \left(\frac{m}{s^2}\right)} - 1,14 (m) \\ &= 9,55 m \end{aligned}$$

8.3.1.4. CARGA NETA DE SUCCIÓN POSITIVA REQUERIDA

La carga neta de succión positiva requerida, NPSHr, se define como la presión de succión mínima que requiere la bomba para mantener un funcionamiento estable sin que se produzca el fenómeno de la cavitación. El límite para esta presión viene marcado por la presión de vapor del fluido. Su valor se define de forma experimental y es proporcionado por el fabricante de la bomba.

El modelo comercial que se elige con tal fin es el C/41E desarrollado por la empresa CALPEDA. Esta bomba está adaptada para trabajar con una

presión máxima de 6 bar, en un rango de temperatura de -10°C/90°C y un motor de 2900 rpm.

La curva característica del fabricante (*Ver Figura.A2.6. Carga neta de succión requerida de la Bomba C/41E*) indica que la altura de succión positiva requerida, $NPSH_r$, para este modelo y un caudal de trabajo de 10 m³/h es de aproximadamente 1,50 metros.

8.3.1.5. COMPROBACIÓN DEL CORRECTO FUNCIONAMIENTO DE LA BOMBA

Para garantizar el correcto funcionamiento de la bomba, solventando los problemas derivados de la cavitación debe cumplirse siempre que:

$$NPSH_d > NPSH_r$$

Para el modelo que se elige se cumple dicho criterio con lo cual es posible asegurar un correcto funcionamiento de este equipo para las condiciones de trabajo especificadas.

$$NPSH_d = 10,41 \text{ m} > NPSH_r = 2,00 \text{ m}$$

Por lo tanto la bomba funciona correctamente.

Con los datos obtenidos mediante los cálculos desarrollados en los apartados anteriores, se obtiene que las características principales de la bomba son:

Fluido a impulsar: Vino

Caudal: 10 m³/h

Altura útil: 15,33 m

Carga neta de aspiración requerida: 1,50 m

Potencia de accionamiento: 0,80 kW

ANEXO N° 2: TABLAS Y FIGURAS

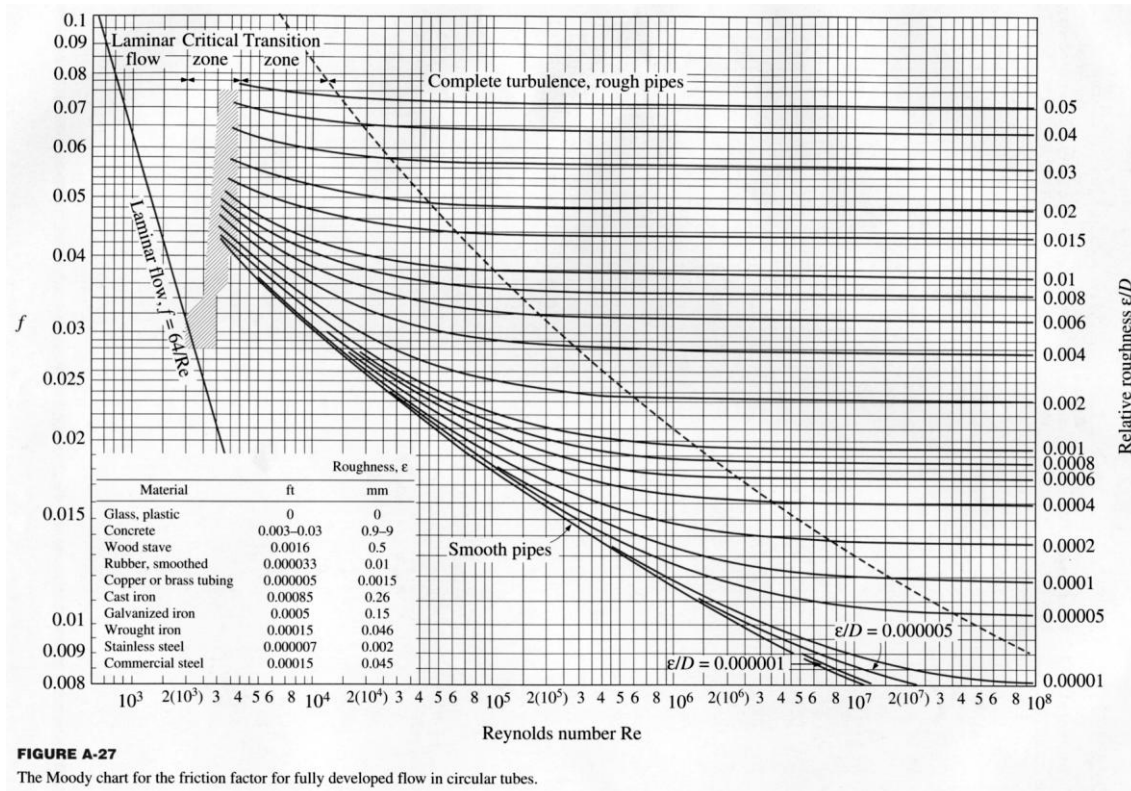
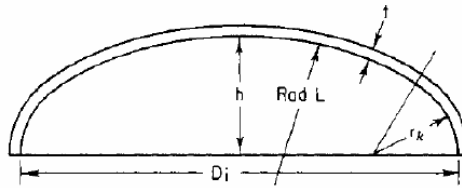


Figura.A2.1 Gráfica de Moody

TABLE 10-65 Volumes of Heads*



Type of head	Knuckle radius, r_k	h	L	Volume	% Error	Remarks
Standard dished	Approx. $3t$		Approx. D_i	Approx. $0.050D_i^3 + 1.65tD_i^2$	± 10	h varies with t
Torispherical or A.S.M.E.	$0.06L$		D_i	$0.0909D_i^3$	} ± 0.1 ± 8	r_k must be the larger of $0.06L$ and $3t$
Torispherical or A.S.M.E.	$3t$		D_i	Approx. $0.513hD_i^2$		
Ellipsoidal		$D_i/4$		$\pi D_i^2 h / 6$	0	Standard proportions
Ellipsoidal		$D_i/2$		$\pi D_i^2 / 24$	0	
Hemispherical			$D_i/2$	$\pi D_i^3 / 12$	0	Truncated cone h = height d = diameter at small end
Conical				$\pi h (D_i^2 + D_i d + d^2) / 12$	0	

*Use consistent units.

Tabla.A2.1. Expresiones para las distintas cabezas de los depósitos

Velocidad del aire (m/seg)	h_c (kcal/°C · m ² · hora)
0,0	5,5
1,5	10,0
5,0	41,0

Tabla.A2.2. Coeficiente superficial exterior de transmisión de calor

[Hidalgo Tогores,2003]

DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO EN FRÍO PARA LA ESTABILIZACIÓN DE VINOS

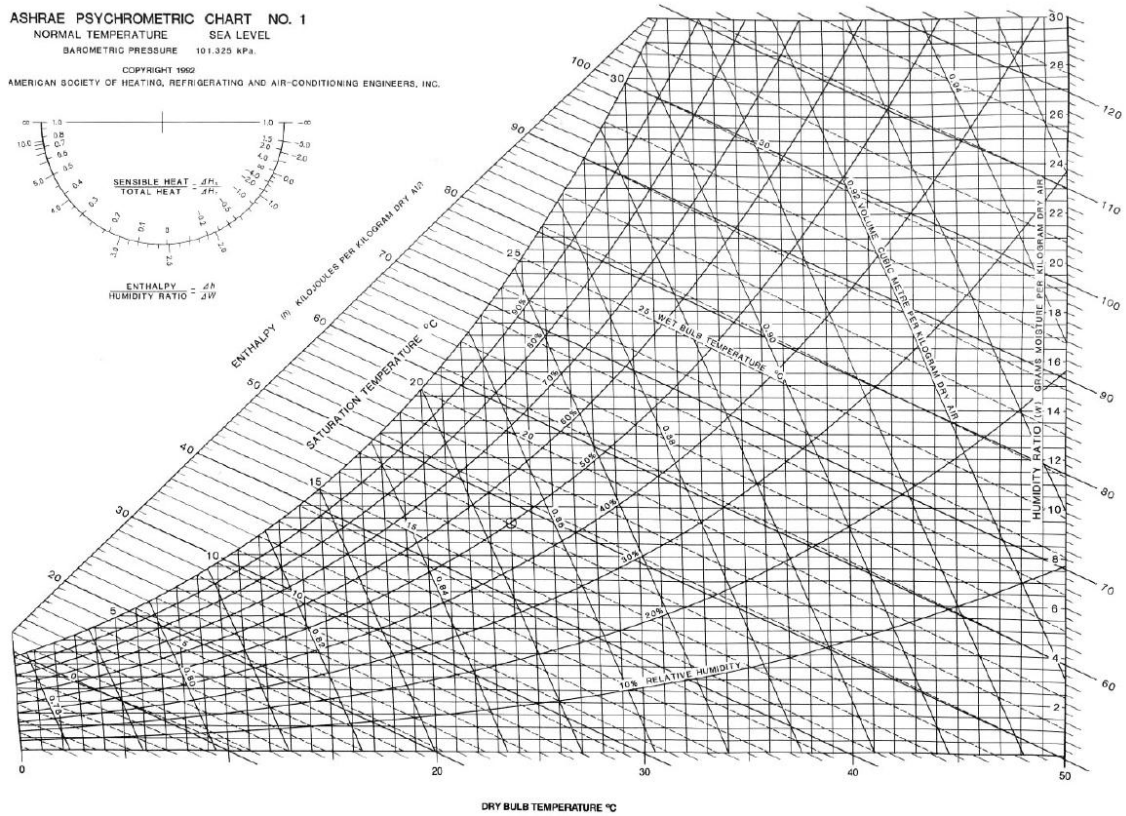


Figura.A2.2. Diagrama psicrométrico del aire [American Society of Heating and Air Conditioning Engineers (ASHRAE)]

DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO EN FRÍO PARA LA ESTABILIZACIÓN DE VINOS

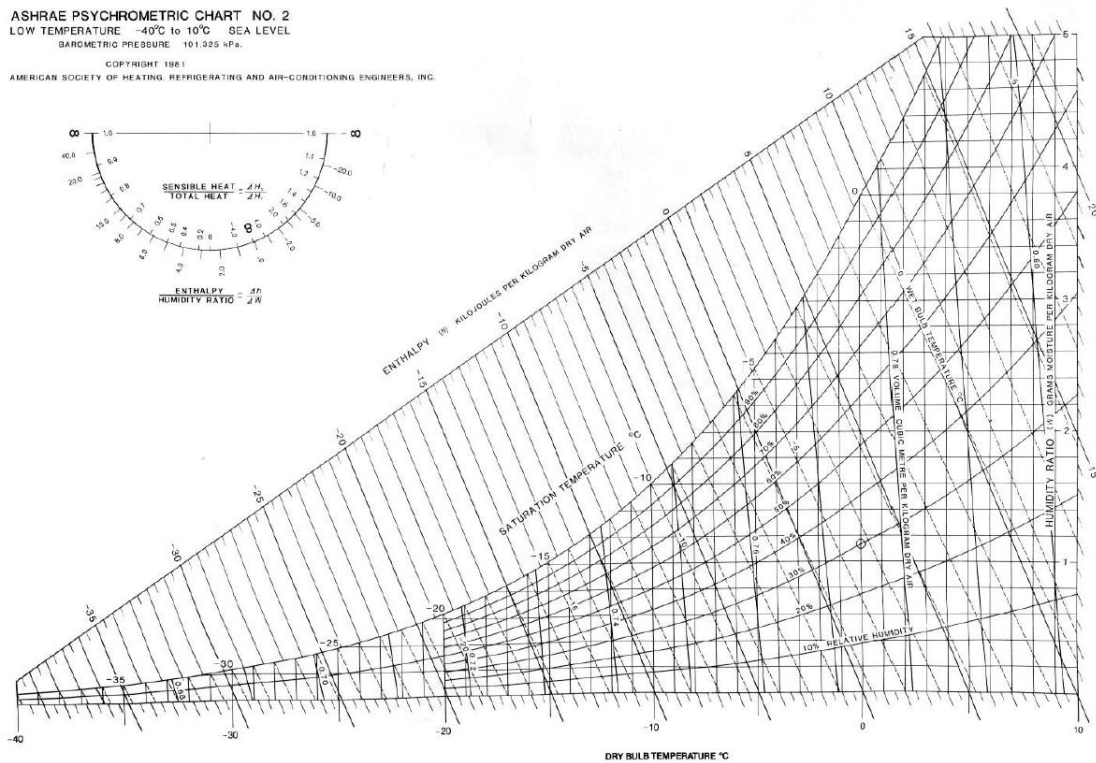


Figura.A2.3. Diagrama psicrométrico del aire para bajas temperaturas [American Society of Heating and Air Conditioning Engineers (ASHRAE)]

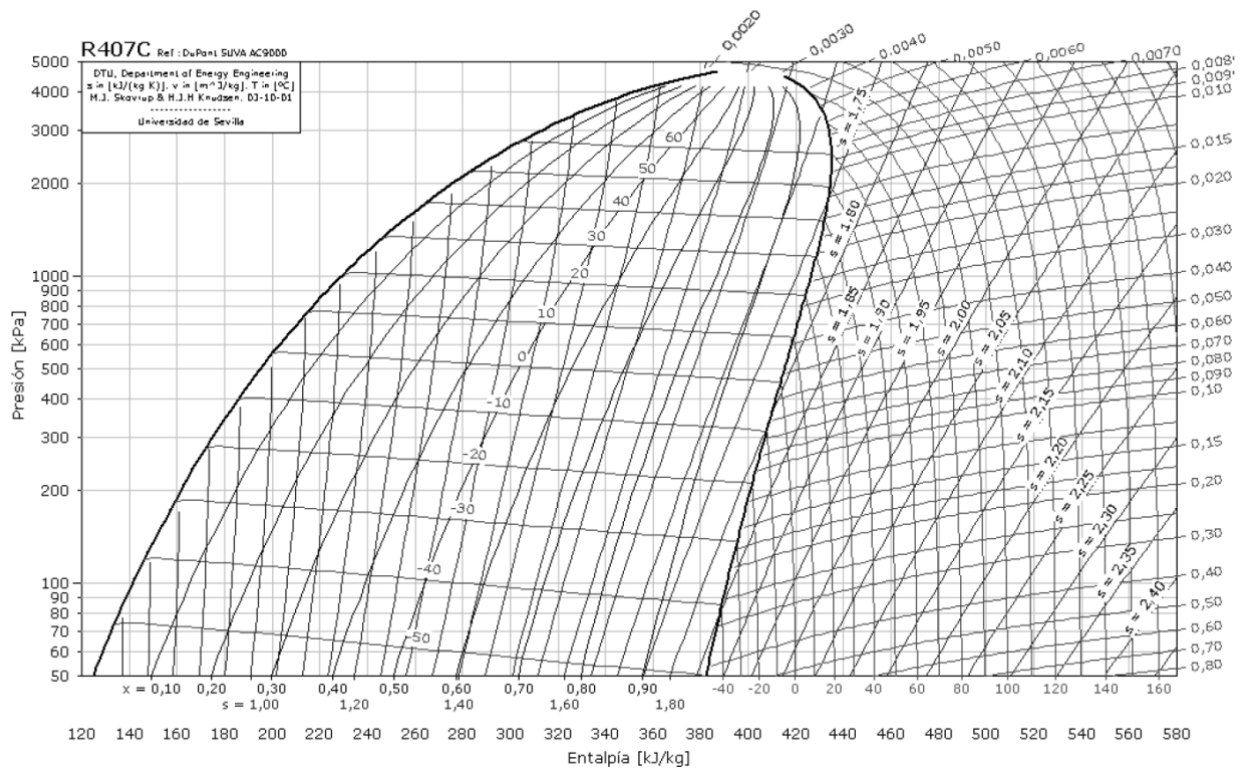


Figura.A2.4. Diagrama entálpico del refrigerante 407-C.

MEDIO A ENFRIAR	TIPO	VELOCIDAD [m/s]
Aire	Convección natural	0,15 ÷ 0,3
Aire	Convección forzada	2,5 ÷ 4
Líquido	Doble tubo	1
Líquido	Amoníaco	1 ÷ 1,25
Multitubular horizontal	Halogenados	0,5
Líquido	Inmersión	0,3 ÷ 0,35

Tabla.A2.3. Velocidades de paso en el fluido a enfriar [Torrella Alcaraz, Enrique 1996]

	TUBO LISO		TUBO CON ALETAS		CIRCULACION SALMUERA (1)	
	Inundado	Seco	Inundado	Seco	Tubo solo	Tubo con aletas
SISTEMA DE EXPANSION DIRECTA						
Circulación por gravedad:						
Sobre 0° C.....	17	12	9	6	16	8
Bajo 0° C.....	14	10	8	4	13	6
Circulación forzada del aire:						
Velocidad del aire:						
1'0 m. por segundo.....	16	11	8	6	14	7
1'5 m. por segundo.....	22	16	12	11	19	9
2'0 m. por segundo.....	27	20	14	15	24	12
2'5 m. por segundo.....	32	24	16	19	29	15
3'0 m. por segundo.....	37	28	18	23	33	16
3'5 m. por segundo.....	42	32	21	27	37	18
4'0 m. por segundo.....	47	34	24	29	42	21
SISTEMA DE INMERSION PARA BAÑOS						
En líquido quieto:						
Formando ligera capa de hielo en la pared del serpentín.....						
	50	40	—	—	45	—
No formando capa de hielo.....						
	75	60	—	—	65	—
En líquido agitado:						
6'5 m por minuto.....	88	66	—	—	77	—
7'5 m. por minuto.....	98	73	—	—	85	—
9'0 m. por minuto.....	107	80	—	—	93	—
10'5 m. por minuto.....	116	87	—	—	101	—
12'0 m. por minuto.....	124	93	—	—	109	—

Tabla.A2.4. Coeficiente global de transmisión de calor para evaporadores [Colegio Oficial de Ingenieros Agronomos de Murcia, 1993]

DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO EN FRÍO PARA LA ESTABILIZACIÓN DE VINOS

PROPIEDADES DE LOS TUBOS											
Los números de cédula y las designaciones de peso están de acuerdo con la Norma ANSI B36.10 para tubos de acero al carbono y aceros aleados, y la Norma ANSI B36.19 para tubos de acero inoxidable.											
Tam. nominal del tubo	No. de Cédula		Designación del peso	Diám. exterior, pulg.	Diám. interior, pulg.	Espesor de pared, pulg.	Peso por pie, lb	Peso de agua por pie de tubo, lb	Superficie exterior por pie, pies ²	Superficie interior por pie, pies ²	Area transversal, pulg ²
	Aceros al carbono y aleados	Aceros inoxidables									
1/8	...	10S	...	.405	.307	.049	.186	.0320	.106	.0804	.0740
	40	40S	Est.	.405	.269	.068	.244	.0246	.106	.0705	.0568
	80	80S	Ref.	.405	.215	.095	.314	.0157	.106	.0563	.0364
1/4	...	10S	...	.540	.410	.065	.330	.0570	.141	.1073	.1320
	40	40S	Est.	.540	.364	.088	.424	.0451	.141	.0955	.1041
	80	80S	Ref.	.540	.302	.119	.535	.0310	.141	.0794	.0716
3/8	...	10S	...	.675	.545	.065	.423	.1010	.177	.1427	.2333
	40	40S	Est.	.675	.493	.091	.567	.0827	.177	.1295	.1910
	80	80S	Ref.	.675	.423	.126	.738	.0609	.177	.1106	.1405
1/2	...	10S	...	.840	.670	.083	.671	.1550	.220	.1764	.3568
	40	40S	Est.	.840	.622	.109	.850	.1316	.220	.1637	.3040
	80	80S	Ref.	.840	.546	.147	1.087	.1013	.220	.1433	.2340
	160	...	...	.840	.466	.187	1.310	.0740	.220	.1220	.1706
	...	...	Doble Ref.	.840	.252	.294	1.714	.0216	.220	.0660	.0499
3/4	...	10S	...	1.050	.824	.083	.857	.2660	.275	.2314	.6138
	40	40S	Est.	1.050	.824	.113	1.130	.2301	.275	.2168	.5330
	80	80S	Ref.	1.050	.742	.154	1.473	.1875	.275	.1948	.4330
	...	...	...	1.050	.675	.188	1.727	.1514	.275	.1759	.3570
	160	...	Doble Ref.	1.050	.614	.218	1.940	.1280	.275	.1607	.2961
1	...	10S	...	1.315	1.097	.109	1.404	.4090	.344	.2872	.9448
	40	40S	Est.	1.315	1.049	.133	1.678	.3740	.344	.2740	.8640
	80	80S	Ref.	1.315	.957	.179	2.171	.3112	.344	.2520	.7190
	...	...	...	1.315	.877	.219	2.561	.2614	.344	.2290	.6040
	160	...	Doble Ref.	1.315	.815	.250	2.850	.2261	.344	.2134	.5217
1 1/4	...	10S	...	1.660	1.442	.109	1.806	.7080	.434	.3775	1.633
	40	40S	Est.	1.660	1.380	.140	2.272	.6471	.434	.3620	1.495
	80	80S	Ref.	1.660	1.278	.191	2.996	.5553	.434	.3356	1.283
	...	...	...	1.660	1.160	.250	3.764	.4575	.434	.3029	1.057
	160	...	Doble Ref.	1.660	.896	.382	5.214	.2732	.434	.2331	.6305
1 1/2	...	10S	...	1.900	1.682	.109	2.085	.9630	.497	.4403	2.221
	40	40S	Est.	1.900	1.610	.145	2.717	.8820	.497	.4213	2.036
	80	80S	Ref.	1.900	1.500	.200	3.631	.7648	.497	.3927	1.767
	...	...	...	1.900	1.337	.281	4.862	.6082	.497	.3519	1.405
	160	...	Doble Ref.	1.900	1.100	.400	6.408	.4117	.497	.2903	.950
2	...	10S	...	2.375	2.157	.109	2.638	1.583	.622	.5647	3.654
	40	40S	Est.	2.375	2.067	.154	3.652	1.452	.622	.5401	3.355
	...	...	...	2.375	2.041	.167	3.938	1.420	.622	.5360	3.280

Tabla A.2.5. Especificaciones de tuberías (Megsey, 2001)

DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO EN FRÍO PARA LA ESTABILIZACIÓN DE VINOS

PROPIEDADES DE LOS TUBOS (cont.)											
Tam. nominal del tubo	No. de cédula		Designación del peso	Diám. ext., pulg	Diám. int., pulg	Espesor de pared, pulg	Peso por pie, lb	Peso de agua por pie de tubo, lb	Superficie exterior por pie, pies ²	Superficie interior por pie, pies ²	Area transversal, pulg ²
	Aceros al carbono y aleados	Aceros inoxidables									
2 (Cont.)	...	...	...	2.375	2.000	.188	4.380	1.363	.622	.5237	3.142
	80	80S	Ref.	2.375	1.939	.218	5.022	1.279	.622	.5074	2.953
	...	...	...	2.375	1.875	.250	5.673	1.196	.622	.4920	2.761
	...	...	...	2.375	1.750	.312	6.883	1.041	.622	.4581	2.405
	160	...	Doble Ref.	2.375	1.689	.343	7.450	.767	.622	.4422	2.240
...	...	...	2.375	1.503	.436	9.029	.769	.622	.3929	1.774	
2½	...	10S	...	2.875	2.635	.120	3.53	2.360	.753	.6900	5.453
	40	40S	Est.	2.875	2.469	.203	5.79	2.072	.753	.6462	4.788
	...	...	...	2.875	2.441	.217	6.16	2.026	.753	.6381	4.680
	80	80S	Ref.	2.875	2.323	.276	7.66	1.834	.753	.6095	4.238
	160	...	Doble Ref.	2.875	2.125	.375	10.01	1.535	.753	.5564	3.547
...	...	...	2.875	1.771	.552	13.69	1.067	.753	.4627	2.464	
3	...	10S	...	3.500	3.260	.120	4.33	3.62	.916	.853	8.346
	...	...	...	3.500	3.250	.125	4.52	3.60	.916	.851	8.300
	...	...	...	3.500	3.204	.148	5.30	3.52	.916	.840	8.100
	...	...	...	3.500	3.124	.188	6.65	3.34	.916	.819	7.700
	40	40S	Est.	3.500	3.068	.216	7.57	3.20	.916	.802	7.393
	...	...	...	3.500	3.018	.241	8.39	3.10	.916	.790	7.155
	...	...	...	3.500	2.992	.254	8.80	3.06	.916	.785	7.050
	...	...	...	3.500	2.922	.289	9.91	2.91	.916	.765	6.700
	80	80S	Ref.	3.500	2.900	.300	10.25	2.86	.916	.761	6.605
	...	...	...	3.500	2.875	.312	10.64	2.81	.916	.753	6.492
	...	...	...	3.500	2.687	.406	13.42	2.46	.916	.704	5.673
160	...	Doble Ref.	3.500	2.624	.438	14.32	2.34	.916	.687	5.407	
...	...	...	3.500	2.300	.600	18.58	1.80	.916	.601	4.155	
3½	...	10S	...	4.000	3.760	.120	4.97	4.81	1.047	.984	11.10
	...	...	...	4.000	3.744	.128	5.38	4.78	1.047	.981	11.01
	...	...	...	4.000	3.732	.134	5.58	4.75	1.047	.978	10.95
	...	...	...	4.000	3.704	.148	6.26	4.66	1.047	.971	10.75
	...	...	...	4.000	3.624	.188	7.71	4.48	1.047	.950	10.32
	40	40S	Est.	4.000	3.548	.226	9.11	4.28	1.047	.929	9.89
	...	...	...	4.000	3.438	.281	11.17	4.02	1.047	.900	9.28
	80	80S	Ref.	4.000	3.364	.318	12.51	3.85	1.047	.880	8.89
	...	...	...	4.000	3.312	.344	13.42	3.73	1.047	.867	8.62
	...	...	...	4.000	3.062	.469	17.68	3.19	1.047	.802	7.37
	...	...	Doble Ref.	4.000	2.728	.636	22.85	2.53	1.047	.716	5.84
4	...	10S	...	4.500	4.260	.120	5.61	6.18	1.178	1.115	14.25
	...	...	...	4.500	4.244	.128	5.99	6.14	1.178	1.111	14.15
	...	...	...	4.500	4.232	.134	6.26	6.11	1.178	1.110	14.10
	...	...	...	4.500	4.216	.142	6.61	6.06	1.178	1.105	13.98
	...	...	...	4.500	4.170	.165	7.64	5.92	1.178	1.093	13.67
	...	...	...	4.500	4.124	.188	8.56	5.80	1.178	1.082	13.39

Tabla.A2.6. Especificaciones de tuberías (Megsey, 2001)

DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO EN FRÍO PARA LA ESTABILIZACIÓN DE VINOS

PROPIEDADES DE LOS TUBOS (cont.)											
Tam. nominal del tubo	No. de cédula		Designación del peso	Diám. ext., pulg	Diám. int., pulg	Espesor de pared pulg	Peso por pie, lb	Peso de agua por pie de tubo, lb	Superficie exterior por pie, pies ²	Superficie interior por pie, pies ²	Area transversal, pulg ²
	Aceros al carbono y aleados	Aceros inoxidables									
4 (Cont.)	...	...	...	4.500	4.090	.205	9.39	5.71	1.178	1.071	13.15
	40	40S	Est.	4.500	4.026	.237	10.79	5.51	1.178	1.055	12.73
	...	...	...	4.500	4.000	.250	11.35	5.45	1.178	1.049	12.57
	...	...	...	4.500	3.958	.271	12.24	5.35	1.178	1.038	12.31
	...	...	...	4.500	3.938	.281	12.67	5.27	1.178	1.031	12.17
	...	...	...	4.500	3.900	.300	13.42	5.19	1.178	1.023	11.96
	...	...	...	4.500	3.876	.312	14.00	5.12	1.178	1.013	11.80
	80	80S	Ref.	4.500	3.826	.337	14.98	4.98	1.178	1.002	11.50
	...	...	...	4.500	3.750	.375	16.52	4.78	1.178	.982	11.04
	120	...	...	4.500	3.624	.438	19.00	4.47	1.178	.949	10.32
	...	...	...	4.500	3.500	.500	21.36	4.16	1.178	.916	9.62
	160	...	...	4.500	3.438	.531	22.60	4.02	1.178	.900	9.28
	...	...	Doble Ref.	4.500	3.152	.674	27.54	3.38	1.178	.826	7.80
	5	...	10S	...	5.563	5.295	.134	7.770	9.54	1.456	1.386	22.02
40		40S	Est.	5.563	5.047	.258	14.62	8.66	1.456	1.321	20.01
...		...	...	5.563	4.859	.352	19.59	8.06	1.456	1.272	18.60
80		80S	Ref.	5.563	4.813	.375	20.78	7.87	1.456	1.260	18.19
...		...	...	5.563	4.688	.437	23.95	7.47	1.456	1.227	17.26
120		...	...	5.563	4.563	.500	27.10	7.08	1.456	1.195	16.35
160		...	...	5.563	4.313	.625	32.96	6.32	1.456	1.129	14.61
...		...	Doble Ref.	5.563	4.063	.750	38.55	5.62	1.456	1.064	12.97
6	...	10S	...	6.625	6.357	.134	9.29	13.70	1.735	1.660	31.75
	...	...	...	6.625	6.287	.169	11.56	13.45	1.735	1.650	31.00
	...	...	...	6.625	6.265	.180	12.50	13.38	1.735	1.640	30.81
	...	...	...	6.625	6.249	.188	12.93	13.31	1.735	1.639	30.70
	...	...	...	6.625	6.187	.219	15.02	13.05	1.735	1.620	30.10
	...	...	...	6.625	6.125	.250	17.02	12.80	1.735	1.606	29.50
	...	...	...	6.625	6.071	.277	18.86	12.55	1.735	1.591	28.95
	40	40S	Est.	6.625	6.065	.280	18.97	12.51	1.735	1.587	28.99
	...	...	...	6.625	5.875	.375	25.10	11.75	1.735	1.540	27.10
	80	80S	Ref.	6.625	5.761	.432	28.57	11.29	1.735	1.510	26.07
	...	...	...	6.625	5.625	.500	32.79	10.85	1.735	1.475	24.85
	120	...	...	6.625	5.501	.562	36.40	10.30	1.735	1.470	23.77
	160	...	...	6.625	5.189	.718	45.30	9.16	1.735	1.359	21.15
	...	...	Doble Ref.	6.625	4.897	.864	53.16	8.14	1.735	1.280	18.83
8	...	10S	...	8.625	8.329	.148	13.40	23.6	2.26	2.180	54.5
	...	...	...	8.625	8.309	.158	14.26	23.6	2.26	2.178	54.3
	...	...	...	8.625	8.295	.165	14.91	23.5	2.26	2.175	54.1
	...	...	...	8.625	8.249	.188	16.90	23.2	2.26	2.161	53.5
	...	...	...	8.625	8.219	.203	18.30	23.1	2.26	2.152	53.1
	...	...	...	8.625	8.187	.219	19.64	22.9	2.26	2.148	52.7

Tabla.A2.7. Especificaciones de tuberías (Megsey, 2001)

TIPOS DE JUNTAS SOLDADAS				
TIPOS NORMA UW-12	EFICIENCIA DE LA JUNTA, E Cuando la junta es:			
		a. Radiografiada total- mente	b. Examinada por zonas	c. No Examinada
<p>1</p> 	<p>Junta a tope buchas por doble cordón de soldadura y por otro medio con el que se obtenga la misma calidad de metal de soldadura depositada sobre las superficies interior y exterior de la placa. Si se emplea placa de respaldo, debe quitarse ésta después de terminar la soldadura.</p>	1.00	0.85	0.70
<p>2</p>  <p>Las juntas se verifican antes únicamente</p>	<p>Junta a tope de un solo cordón con tira de respaldo que queda en su lugar después de soldar.</p>	0.80	0.80	0.65
<p>3</p> 	<p>Junta a tope de un solo cordón sin tira de respaldo.</p>	-	-	0.60
<p>4</p> 	<p>Junta a traslape de doble filete completa.</p>	-	-	0.55
<p>5</p> 	<p>Junta a traslape de un solo filete con o sin soldadura de tapón.</p>	-	-	0.50
<p>6</p> 	<p>Junta a traslape de un solo filete completa sin soldadura de tapón.</p>	-	-	0.45

Tabla.A2.8. Tipos de juntas soldadas (Megsey E.F. 2001)

DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO EN FRÍO PARA LA ESTABILIZACIÓN DE VINOS

Aparato	Vida (años)	Aparato	Vida (años)
Calderas vapor	25	Digestores	10
Edificio hormigón	50	Espesadores	5
Edificio ladrillo y acero	33	Filtros prensa	17
Motores eléctricos	14	Hornos eléctricos	20
Transformadores	15	Hornos de gas	8
Bombas	20	Molinos	12
Columnas	8	Refrigerantes	17
Compresores	20	Secaderos	25
Condensadores y evaporadores	17	Tamizadoras	12
Depósitos	10	Tuberías	15

Tabla.A2.9. Vida útil de los equipos (Aries y Newton, 1998)

TABLE 2A (CONT'D)
SECTION III, CLASS 1 AND SECTION VIII, DIVISION 2
DESIGN STRESS INTENSITY VALUES S_m FOR FERROUS MATERIALS

Line No.	Nominal Composition	Product Form	Spec No.	Type/ Grade	Alloy Desig./ UNS No.	Class/ Cond./ Temper	Size/ Thickness, in.	P-No.	Group No.
1	18Cr-8Ni	Forgings	SA-182	F304	S30400	...	> 5	8	1
2	18Cr-8Ni	Forgings	SA-336	F304	S30400	...	...	8	1
3	18Cr-8Ni	Smls. pipe	SA-376	TP304	S30400	...	...	8	1
4	18Cr-8Ni	Forged pipe	SA-430	FP304	S30400	...	...	8	1
5	18Cr-8Ni	Forgings	SA-182	F304H	S30409	...	> 5	8	1
6	18Cr-8Ni	Forgings	SA-336	F304H	S30409	...	...	8	1
7	18Cr-8Ni	Forged pipe	SA-430	FP304H	S30409	...	...	8	1
8	18Cr-8Ni	Plate	SA-240	302	S30200	...	...	8	1
9	18Cr-8Ni	Bar	SA-479	302	S30200	...	...	8	1
10	18Cr-8Ni	Forgings	SA-182	F304	S30400	...	≤ 5	8	1
11	18Cr-8Ni	Smls. tube	SA-213	TP304	S30400	...	...	8	1
12	18Cr-8Ni	Plate	SA-240	304	S30400	...	...	8	1
13	18Cr-8Ni	Wld. tube	SA-249	TP304	S30400	...	...	8	1
14	18Cr-8Ni	Wld. tube	SA-249	TP304	S30400	...	...	8	1
15	18Cr-8Ni	Wld. pipe	SA-312	TP304	S30400	...	...	8	1
16	18Cr-8Ni	Smls. pipe	SA-312	TP304	S30400	...	...	8	1
17	18Cr-8Ni	Wld. pipe	SA-312	TP304	S30400	...	...	8	1
18	18Cr-8Ni	Wld. pipe	SA-358	304	S30400	1	...	8	1
19	18Cr-8Ni	Smls. pipe	SA-376	TP304	S30400	...	...	8	1

Tabla.A2.10. Tensión máxima admisible para metales (Código ASME sección II)

DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO EN FRÍO PARA LA ESTABILIZACIÓN DE VINOS

**TABLE 2A (CONT'D)
SECTION III, CLASS 1 AND SECTION VIII, DIVISION 2
DESIGN STRESS INTENSITY VALUES S_m FOR FERROUS MATERIALS**

Line No.	Design Stress Intensity, ksi (Multiply by 1000 to Obtain psi), for Metal Temperature, °F, Not Exceeding													
	-20 to 100	150	200	250	300	400	500	600	650	700	750	800	850	900
1	20.0	...	20.0	...	20.0	18.7	17.5	16.4	16.2	16.0	15.6	15.2	...	...
2	20.0	...	20.0	...	20.0	18.7	17.5	16.4	16.2	16.0	15.6	15.2	...	...
3	20.0	...	20.0	...	20.0	18.7	17.5	16.4	16.2	16.0	15.6	15.2	...	...
4	20.0	...	20.0	...	20.0	18.7	17.5	16.4	16.2	16.0	15.6	15.2	...	...
5	20.0	...	20.0	...	20.0	18.7	17.5	16.4	16.2	16.0	15.6	15.2	...	...
6	20.0	...	20.0	...	20.0	18.7	17.5	16.4	16.2	16.0	15.6	15.2	...	...
7	20.0	...	20.0	...	20.0	18.7	17.5	16.4	16.2	16.0	15.6	15.2	...	...
8	20.0	...	20.0	...	20.0	18.7	17.5	16.4	16.2	16.0	15.6	15.2	...	...
9	20.0	...	20.0	...	20.0	18.7	17.5	16.4	16.2	16.0	15.6	15.2	...	...
10	20.0	...	20.0	...	20.0	18.7	17.5	16.4	16.2	16.0	15.6	15.2	...	...
11	20.0	...	20.0	...	20.0	18.7	17.5	16.4	16.2	16.0	15.6	15.2	...	...
12	20.0	...	20.0	...	20.0	18.7	17.5	16.4	16.2	16.0	15.6	15.2	...	...
13	20.0	...	20.0	...	20.0	18.7	17.5	16.4	16.2	16.0	15.6	15.2	...	...
14	17.0	...	17.0	...	17.0	15.9	14.9	14.0	13.8	13.6	13.2	12.9	...	...
15	20.0	...	20.0	...	20.0	18.7	17.5	16.4	16.2	16.0	15.6	15.2	...	...
16	20.0	...	20.0	...	20.0	18.7	17.5	16.4	16.2	16.0	15.6	15.2	...	...
17	17.0	...	17.0	...	17.0	15.9	14.9	14.0	13.8	13.6	13.2	12.9	...	...
18	20.0	...	20.0	...	20.0	18.7	17.5	16.4	16.2	16.0	15.6	15.2	...	...
19	20.0	...	20.0	...	20.0	18.7	17.5	16.4	16.2	16.0	15.6	15.2	...	...

Tabla.A2.11. Tensión máxima admisible para metales (Código ASME sección II)

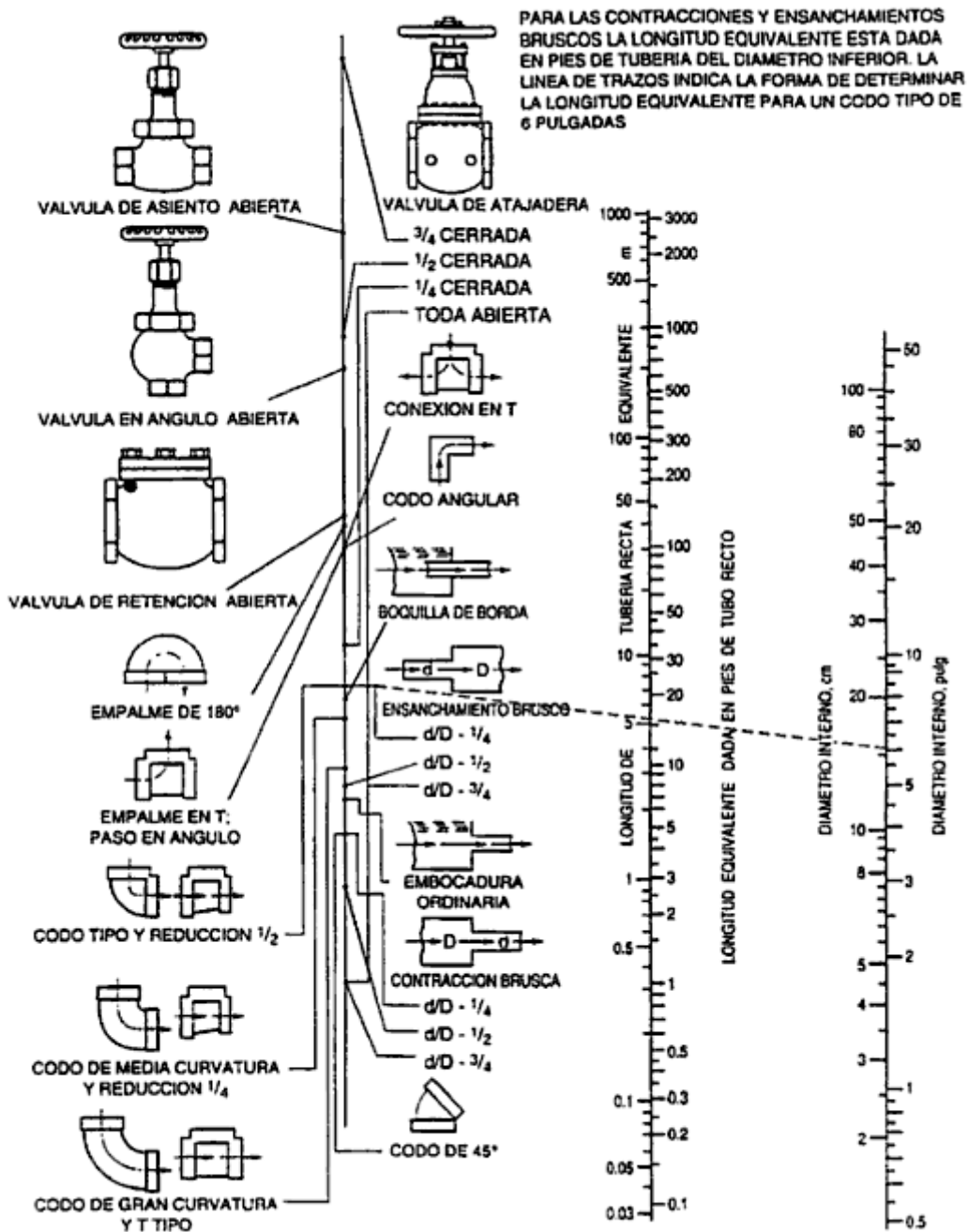


Figura 8.19. Ábaco para el cálculo de la longitud equivalente de accesorios.

Figura.A2.5. Longitudes equivalentes de los principales accesorios [Ibarz, Albert & Barbosa-Cánovas, Gustavo V., 2005]

DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO EN FRÍO PARA LA ESTABILIZACIÓN DE VINOS

Propiedades de vapor saturado de agua

T (°C)	Presión de vapor (kPa)	Volumen específico (m ³ /kg)		Entalpía (kJ/kg)		Entropía (kJ/kg·K)	
		Líquido	Vapor	Líquido	Vapor	Líquido	Vapor
0,01	0,611	0,0010002	206,14	0,00	2501,4	0,0000	9,1562
3	0,758	0,0010001	168,132	12,57	2506,9	0,0457	9,0773
6	0,935	0,0010001	137,734	25,20	2512,4	0,0912	9,0003
9	1,148	0,0010003	113,386	37,80	2517,9	0,1362	8,9253
12	1,402	0,0010005	93,784	50,41	2523,4	0,1806	8,8524
15	1,705	0,0010009	77,926	62,99	2528,9	0,2245	8,7814
18	2,064	0,0010014	65,038	75,58	2534,4	0,2679	8,7123
21	2,487	0,0010020	54,514	88,14	2539,9	0,3109	8,6450
24	2,985	0,0010027	45,883	100,70	2545,4	0,3534	8,5794
27	3,567	0,0010035	38,774	113,25	2550,8	0,3954	8,5156
30	4,246	0,0010043	32,894	125,79	2556,3	0,4369	8,4533
33	5,034	0,0010053	28,011	138,33	2561,7	0,4781	8,3927
36	5,947	0,0010063	23,940	150,86	2567,1	0,5188	8,3336
40	7,384	0,0010078	19,523	167,57	2574,3	0,5725	8,2570
45	9,593	0,0010099	15,258	188,45	2583,2	0,6387	8,1648
50	12,349	0,0010121	12,032	209,33	2592,1	0,7038	8,0763
55	15,758	0,0010146	9,568	230,23	2600,9	0,7679	7,9913
60	19,940	0,0010172	7,671	251,13	2609,6	0,8312	7,9096
65	25,03	0,0010199	6,197	272,06	2618,3	0,8935	7,8310
70	31,19	0,0010228	5,042	292,98	2626,8	0,9549	7,7553
75	38,58	0,0010259	4,131	313,93	2635,3	1,0155	7,6824
80	47,39	0,0010291	3,407	334,91	2643,7	1,0753	7,6122
85	57,83	0,0010325	2,828	355,90	2651,9	1,1343	7,5445
90	70,14	0,0010360	2,361	376,92	2660,1	1,1925	7,4791
95	84,55	0,0010397	1,982	397,96	2668,1	1,2500	7,4159
100	101,35	0,0010435	1,673	419,04	2676,1	1,3069	7,3549
105	120,82	0,0010475	1,419	440,15	2683,8	1,3630	7,2958
110	143,27	0,0010516	1,210	461,30	2691,5	1,4185	7,2387
115	169,06	0,0010559	1,037	482,48	2699,0	1,4734	7,1833
120	198,53	0,0010603	0,892	503,71	2706,3	1,5276	7,1296
125	232,1	0,0010649	0,771	524,99	2713,5	1,5813	7,0775
130	270,1	0,0010697	0,669	546,31	2720,5	1,6344	7,0269
135	313,0	0,0010746	0,582	567,69	2727,3	1,6870	6,9777
140	316,3	0,0010797	0,509	589,13	2733,9	1,7391	6,9299
145	415,4	0,0010850	0,446	610,63	2740,3	1,7907	6,8833
150	475,8	0,0010905	0,393	632,20	2746,5	1,8418	6,8379
155	543,1	0,0010961	0,347	653,84	2752,4	1,8925	6,7935
160	617,8	0,0011020	0,307	675,55	2758,1	1,9427	6,7502
165	700,5	0,0011080	0,273	697,34	2763,5	1,9925	6,7078
170	791,7	0,0011143	0,243	719,21	2768,7	2,0419	6,6663
175	892,0	0,0011207	0,217	741,17	2773,6	2,0909	6,6256
180	1.002,1	0,0011274	0,194	763,22	2778,2	2,1396	6,5857
190	1.254,4	0,0011414	0,157	807,62	2786,4	2,2359	6,5079
200	1.553,8	0,0011565	0,127	852,45	2793,2	2,3309	6,4323
225	2.548	0,0011992	0,078	966,78	2803,3	2,5639	6,2503
250	3.973	0,0012512	0,050	1.085,36	2801,5	2,7927	6,0730
275	5.942	0,0013168	0,033	1.210,07	2785,0	3,0208	5,8938
300	8.581	0,0010436	0,022	1.344,0	2749,0	3,2534	5,7045

Tabla.A2.12. Propiedades del vapor de agua [Ibarz, Albert & Barbosa-Cánovas, Gustavo V., 2005]

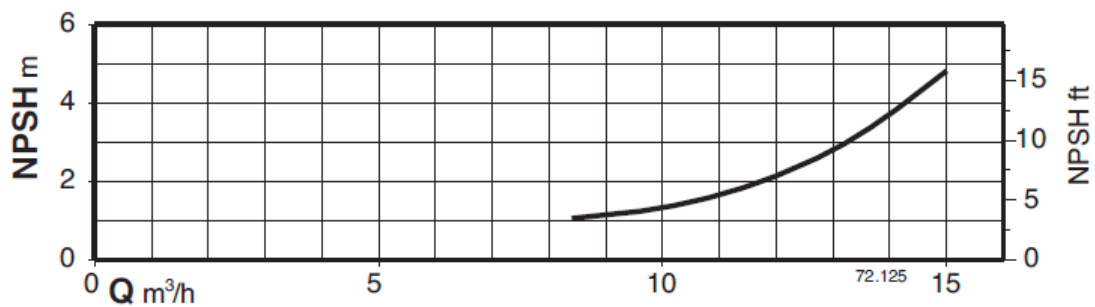


Figura.A2.6. Carga neta de succión requerida de la Bomba C/41E
[Calpeda]

Volumen de la cámara (m³)	Renovaciones de aire diarias		Volumen de la cámara (m³)	Renovaciones de aire diarias	
	t > 0°C	t < 0°C		t > 0°C	t < 0°C
2,5	70	52	100	9	6,8
3,0	63	47	150	7	5,4
4,0	53	40	200	6	4,6
5,0	47	35	250	5,3	4,1
7,5	38	28	300	4,8	3,7
10,0	32	24	400	4,1	3,1
15,0	28	19	500	3,6	2,8
20	22	16,5	600	3,2	2,5
25	19,5	14,5	800	2,8	2,1
30	17,5	13,0	1.000	2,4	1,9
40	15,0	11,5	1.500	1,95	1,5
50	13,0	10,0	2.000	1,65	1,3
60	12,0	9,0	2.500	1,45	1,1
80	10,0	7,7	3.000	1,30	1,05

Tabla.A2.13. Número de renovaciones de aire diarias por aperturas de puertas e infiltraciones, según el volumen de la cámara y su nivel de temperatura

ANEXO N°3: IMPACTO MEDIOAMBIENTAL
DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO POR
FRÍO

ÍNDICE

1. IMPACTO MEDIOAMBIENTAL DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO POR FRÍO.....	336
1.1. INTRODUCCIÓN.....	336
1.2. OBJETO.....	337
1.3. INFORME MEDIOAMBIENTAL	337
1.3.1. IMPACTOS AMBIENTALES	338
1.3.2. MEDIDAS RECOMENDADAS.....	340

1. IMPACTO MEDIOAMBIENTAL

1.1. INTRODUCCIÓN

Se entiende por impacto ambiental el efecto que produce una determinada acción humana sobre el medio ambiente en sus distintos aspectos.

Estas acciones están constituidas por varios elementos, tipos y procesos, de tal manera que la valoración puede ser muy diferente según los casos y las circunstancias. Una misma acción puede producir efectos beneficiosos sobre algunos factores ambientales y perjudiciales sobre otros y, de la misma forma, un mismo elemento del medio puede ser afectado de forma favorable por una acción y desfavorable por otra. Cuando se observa el medio ambiente en su conjunto, el efecto puede ser positivo, negativo o indiferente.

El impacto ambiental global será la suma de los impactos ambientales individuales ocasionados a cada elemento o proceso.

Debido a la necesidad de detener el deterioro por las actividades humanas y para proteger el medio ambiente la Junta de Andalucía aprobó la *Ley 7/1994 de 18 de mayo de protección ambiental*. Es objeto de dicha ley “prevenir, minimizar, corregir o, en su caso, impedir los efectos que determinadas actuaciones públicas o privadas puedan tener sobre el medio ambiente y la calidad de vida a través de las medidas que se establecen en la misma”.

La prevención ambiental a la que hace referencia esta ley se regula a través de las siguientes medidas:

- 1) Evaluación del impacto ambiental, para las actividades incluidas en el primer anexo.
- 2) Informe ambiental, para las actividades incluidas en el segundo anexo.

- 3) Calificación ambiental, para las actividades incluidas en el tercer anexo.

La medida a tomar depende de la actividad que se realice. En el anexo segundo de la citada ley se encuentra las industrias agroalimentarias y dentro de esta actividad se hace referencia a “*Destilación de alcoholes y elaboración de vino*”.

Por lo tanto al encontrarse en el segundo anexo, la ley de protección ambiental obliga a la realización de un informe ambiental. Definiéndose el informe ambiental como la valoración por el órgano medioambiental competente de las medidas de protección propuestas y su adecuación a la normativa ambiental en vigor.

1.2. OBJETO

En el próximo apartado se realizará un informe ambiental, donde se desarrollara en primer lugar los impactos ambientales que tienen lugar en la zona de tratamiento por frío y en segundo lugar se detallaran una serie de medidas recomendadas para la misma zona con el fin de mejorar el proceso de estabilización tartárica desde el punto de vista medioambiental.

1.3. INFORME MEDIOAMBIENTAL

Las bodegas, aunque desarrollan una actividad que no está catalogada como generadora de un grave impacto ambiental, tienen una serie de implicaciones medioambientales:

- a) Contaminación originada por vertidos líquidos debido, principalmente, a su alto contenido en materia orgánica. La mayor parte de estos vertidos son debidos al elevado consumo de agua que prioritariamente se destina a las operaciones de limpieza, de maquinaria e instalaciones.

- b) Contaminación por residuos sólidos en puntos de consumo, a causa de los envases y embalajes que acompañan a las materias primas y a los productos.

En la tabla siguiente se recoge los focos de contaminación y caracterización de los impactos ambientales en la zona de estudio del presente proyecto:

<i>Focos de contaminación</i>	<i>Caracterización</i>
Recogidas de los cristales depositados	Depósitos
Efluentes líquidos	Procedentes del lavado de los depósitos, tuberías y de los restantes equipos de la instalación.
Ruidos	Equipo frigorífico
Vibraciones	Equipo frigorífico

Tabla.A3.1. Impactos ambientales de la zona de tratamiento por frío

1.3.1. IMPACTOS AMBIENTALES

Se desarrolla a continuación las acciones impactantes que se mostraron en la tabla anterior:

- Recogida de los cristales depositados en los depósitos

El efecto que el enfriamiento produce en los vinos consiste en:

- Cristalización y precipitación del bitartrato potásico y en menor medida del tartrato cálcico.
- Precipitaciones debidas a coagulación y sedimentación de la materia colorante de los vinos rosados y tintos en estado coloidal.

- Insolubilización del complejo hierro-polifenoles y del bifosfato férrico coloidal.
- Coagulación y flocuación parcial de los prótidos.

Al igual que los demás residuos generados en las bodegas durante el proceso productivo, los cristales tartáricos se deben gestionar, estando prohibido el vertido de estos desechos por el desagüe o colector. Por lo tanto, estos sedimentos depositados en las paredes de los depósitos se recogerán al objeto de almacenarlos en contenedores o recipientes en condiciones adecuadas, para posteriormente gestionarlos como subproductos que son para su recuperación. Estos productos tienen un alto valor añadido puesto que el ácido tartárico cuya sal es el bitartrato potásico se puede usar en:

- **Industria Alimentaria:** como acidificante y conservante natural, emulsionante en panadería, ingrediente para la levadura, bizcocho, caramelo, gelatina, mermelada y bebidas gaseosas.
- **Industria Farmacéutica:** Se utiliza para la preparación de antibióticos, píldoras y pastillas efervescentes, medicina para las cardiopatías, etc.
- **Industria Química:** Producto reactivo de laboratorio, galvanotécnica, fotografía y como secuestrante de iones metálicos.

- Efluentes líquidos

Las aguas cargadas con sosa empleadas en la limpieza presentan un elevado poder contaminante, con una DQO en ocasiones superior a los 100 gramos de oxígeno/litro y unos valores de pH entre 9 y 11. La mejor solución es valorizarla llevándola a empresas con capacidad de recuperar los tartratos que contienen. Estas soluciones por lo tanto, se deben tratar no como un residuo sino como un subproducto.

Se aconseja destinar la mínima cantidad posible de productos de limpieza en los depósitos, de forma que se obtenga una solución con la mayor concentración posible de tartratos. Las soluciones tendrán más valor cuanto más concentración ofrezcan.

Si se desestima esta opción, estas aguas deben ser tratadas por la depuradora de vertidos residuales de la bodega o por la depuradora del término municipal donde se encuentra la bodega (la cual no es objeto del presente proyecto) para lograr que alcancen los parámetros legales exigidos por la legislación vigente en materia de vertidos.

- Ruidos

Cuando el equipo frigorífico trabaja bajo condiciones normales no supera los 80 db, límite impuesto por el *Real Decreto 286/2006*.

- Vibraciones

Cuando el equipo frigorífico trabaja bajo condiciones normales no supera los valores establecidos como límite impuesto por el *Real Decreto 1311/2005*.

1.3.2. MEDIDAS RECOMENDADAS

Una vez conocidas los impactos generados, es necesario detallar una serie de medidas recomendadas para hacer mejorar el proceso y conseguir que el mismo interfiera lo mínimo posible en el medio ambiente.

Estas medidas recomendadas son:

- Mejorar el sistema de limpieza

Con esta práctica se consigue minimizar el consumo de agua y que los cristales de bitartrato potásico tengan más valor económico como subproducto. Esto se lleva a cabo mediante unas sencillas pautas de limpieza.

En primer lugar se efectuará una limpieza en seco de los depósitos al propósito de retirar la mayor fracción gruesa posible de cristales adheridos a los depósitos, posteriormente se realizará una limpieza más exhaustiva de los depósitos empleando para ello una solución alcalina.

Los cristales extraídos tras el proceso de limpieza se almacenarán correctamente para su gestión posterior.

- Reutilización de la solución alcalina

Una vez se ha retirado la mayor fracción de sólidos cristalizados depositados en el tanque, para finalizar la etapa de limpieza se empleará una solución altamente alcalina con el fin de extraer los restos de tartárico que hayan podido quedar adheridos en las paredes del depósito imposibles de retirar mecánicamente.

Puesto que la planta de tratamiento por frío diseñada en el presente proyecto emplea varios depósitos para albergar el vino durante el proceso de estabilización en frío, una práctica aconsejable una vez ha concluido este proceso es realizar su lavado de forma continua. Esta práctica consiste en emplear la misma solución en la limpieza de cada uno de los depósitos de estabilización. Esta mezcla de limpieza se irá cargando de cristales gradualmente a medida que vaya pasando de un depósito a otro hasta llegar a un punto que el poder de extracción se agote por la saturación de impurezas. El objetivo de esta actuación es enriquecer de tartárico lo más posible esta solución para que pueda tener más valor a la hora de su posterior gestión y valorización.

- Mejoras energéticas

Un aspecto importante para reducir las pérdidas de frío es la colocación de aislantes. Estos aislantes se pueden colocar en las conducciones de vino, donde provocaría un ahorro de energía entorno al 15%.

Otra medida de ahorro energética instalada es el equipo de intercambiador de calor de placas, cuya función es recuperar calor del vino procedente de la cámara isotérmica. Esto supone un ahorro de energía del 40%.

Con respecto a las necesidades de bombeo se utilizará un sistema de control de las bombas, cuya función principal es apagar las bombas cuando no se necesiten o reducir cuando sea necesario. Llevar un correcto mantenimiento de la eficiencia del sistema de impulsión puede suponer un ahorro energético del 7%. Otro aspecto del sistema de impulsión es ajustar el mismo, de manera que se aproxime al punto máximo de rendimiento, consiguiendo de esta manera una mayor eficiencia energética.

ANEXO N°4: LIMPIEZA Y DISEÑO
HIGIÉNICO EN LA PLANTA DE
TRATAMIENTO POR FRÍO

ÍNDICE

1. LIMPIEZA Y DISEÑO HIGIÉNICO EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO POR FRÍO.....	345
1.1. MATERIALES HIGIÉNICOS.....	345
1.2. ORIGEN DE LA SUCIEDAD.....	346
1.3. MECANISMO DE LIMPIEZA.....	348
1.4. PRODUCTOS DE LIMPIEZA.....	350
1.5. SISTEMAS DE LIMPIEZA.....	351
1.5.1. CEPILLADO.....	351
1.5.2. LIMPIEZA C.I.P.....	351
1.5.3. CIRCULACIÓN.....	352
1.6. PRINCIPIOS BÁSICOS DE DISEÑO HIGIÉNICO DE EQUIPOS EN CONTACTO CON PRODUCTOS ALIMENTARIOS.....	352
1.7. DISEÑO HIGIÉNICO DE LOS SISTEMAS AUXILIARES EN CONTACTO CON LOS ALIMENTOS.....	354
1.7.1. SISTEMA DE CONDUCCIONES.....	354
1.7.2. SISTEMA DE IMPULSIÓN.....	354
1.7.3. DEPÓSITOS.....	355

1. LIMPIEZA Y DISEÑO HIGIÉNICO EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO POR FRÍO

1.1. MATERIALES HIGIÉNICOS

La directiva 93/43/CEE relativa a la higiene de los alimentos define el conjunto de buenas prácticas de higiene entre ellas indica: “Todos los artículos, instalaciones y equipos con los cuales entran en contacto los alimentos deben estar limpios y deben estar construidos, realizados y mantenidos de forma que se permita una limpieza profunda y, si es necesaria, una desinfección, que sean suficientes para los fines a que se destinan”.

Es necesario, por tanto, conocer perfectamente las características de los materiales disponibles, con el fin de elegir aquel que resista no solo los alimentos tratados, sino también a los productos de limpieza y desinfección.

Los materiales más utilizados en la industria vitivinícola son los aceros inoxidable austeníticos 18/8, al cromo-níquel, con adición de molibdeno o sin ella, de acuerdo con la aplicación a que se destinen. La justificación de su utilización se basa en su resistencia a la corrosión y a la facilidad con que se pueden limpiar y desinfectar. Estos tipos de acero pueden resistir el ataque de los detergentes enérgicos que se emplean en la actualidad, y aunque su resistencia al ión cloruro en soluciones acuosas es limitada, son capaces, sin embargo, de resistir las soluciones desinfectantes de hipoclorito, siempre que se utilicen de acuerdo con las instrucciones de los suministradores. Normalmente los compuestos desinfectantes a base de hipoclorito se suministran en forma de solución alcalina con 3-15% de cloro activo, siendo el intervalo de pH más eficaz para estas soluciones el comprendido entre 8 y 9. Los valores superiores a pH 9 hacen disminuir la actividad germicida y la velocidad de corrosión, en tanto que los valores inferiores a pH 8 proporcionan una actividad germicida superior, pero las velocidades de corrosión son excesivas.

Después de emplear las soluciones que contengan cloro, el equipo se debe lavar adecuadamente con agua limpia evitando de esta manera la corrosión por picaduras.

Los más empleados son el AISI 304 y el 316 debido al conjunto favorable de sus características tecnológicas y su precio. El AISI 304 es resistente a la corrosión atmosférica, pero es sensible al SO₂, por lo tanto se emplea en la industria vitivinícola cuando el contenido en sulfuroso del vino sea bajo, tal como se explico en el apartado *3.4 Depósitos de frío de la Memoria Descriptiva*.

1.2. ORIGEN DE LA SUCIEDAD

La suciedad en la industria enológica puede tener fundamentalmente tres orígenes:

- Suciedad externa. Cuyo origen es ajeno al vino, encontrándose barro, tierra o polvo que generalmente acompaña a la vendimia y a sus elementos de transporte, así como aceites y grasas procedentes de la maquinaria e instalaciones de la bodega, y otros residuos como restos de productos enológicos, productos de limpieza y desinfección, incrustaciones o precipitaciones del agua, etc.
- Suciedad mineral. Sedimentos o incrustaciones de sales del ácido tartárico: bitartrato potásico y tartrato cálcico (*Figura.A4.1. Cristales de tartrato cálcico englobado en otro grade de bitartrato potásico*), producidas durante la fermentación alcohólica y conservación del vino, afectando sobre todo a la totalidad de las paredes interiores de los recipientes, así como a la maquinaria e instalaciones que trabajan con frío. Generalmente se encuentran mezcladas con la suciedad de origen orgánico. Este tipo de suciedad es el que se presenta mayoritariamente en la planta de tratamiento por frío del presente proyecto.

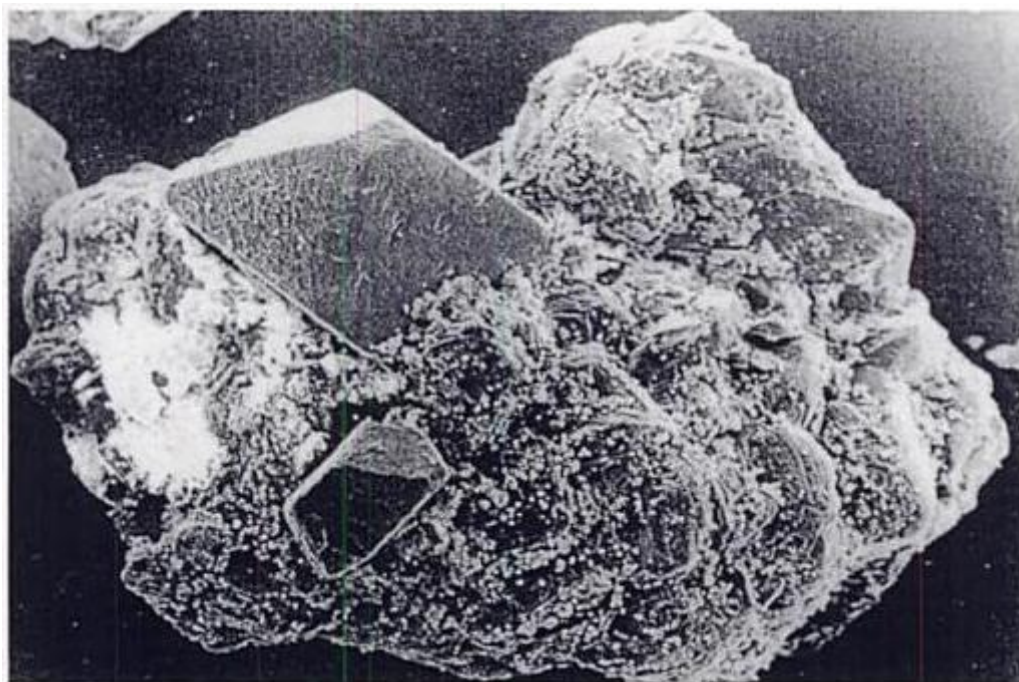


Figura.A4.1. Cristales de tartrato cálcico englobado en otro grande de bitartrato potásico

- Suciedad orgánica. En unos casos se trata de residuos de las vendimias o de los vinos, donde destacan los restos de tejidos vegetales, proteínas desnaturalizadas, materia colorante, etc. y en otros casos de poblaciones vivas o muertas de microorganismos vínicos, siendo las levaduras los de mayor volumen encontrando también otros de bacterias lácticas o acéticas, aunque en algunas ocasiones también pueden aparecer hongos y mohos. Todos estos residuos también pueden encontrarse mezclados con la suciedad de tipo mineral.

El conocimiento del tipo de suciedad a eliminar o del microorganismo a desinfectar, permite acertar con el tipo de tratamiento o de producto indicado para su eliminación. Pudiendo encontrar clasificarse la suciedad en función de sus propiedades:

- Hinchable en el agua: proteínas, etc.
- Soluble en el agua: azúcares, ácidos, etc.

- Insoluble: tierra, sales, etc.
- Emulsionable: grasas, lípidos, etc.
- Soluble en medio ácido: carbonato cálcico, etc.
- Soluble en medio alcalino: sales del ácido tartárico, etc.

Como se ha mencionado en este apartado la principal suciedad de la planta de tratamiento por frío es la de origen mineral, por lo tanto los principales componentes a eliminar son las sales del ácido tartárico. Conocido esto y observando la lista descrita de componentes y las características del mismo, se obtiene que el producto de limpieza a utilizar debe ser un medio alcalino.

1.3. MECANISMO DE LIMPIEZA

La suciedad se adhiere a las superficies debido a la intervención de una serie de mecanismos, donde destacan la tensión superficial, las fuerzas electrostáticas y las fuerzas de Van de Waals. En la limpieza se debe en primer lugar reducir o eliminar estas causas, para que el líquido pueda infiltrarse entre la superficie y la suciedad, y así luego poder ser despegada con facilidad.

El mecanismo de la limpieza (*Figura.A4.2. Fases de limpieza*) se produce en la secuencia de las siguientes etapas:

- Mojado o humectado previo.
- Separación de la suciedad de la superficie.
- Dispersión y estabilización de la suciedad en el líquido de limpieza.
- Evacuación de la suciedad por aclarado.

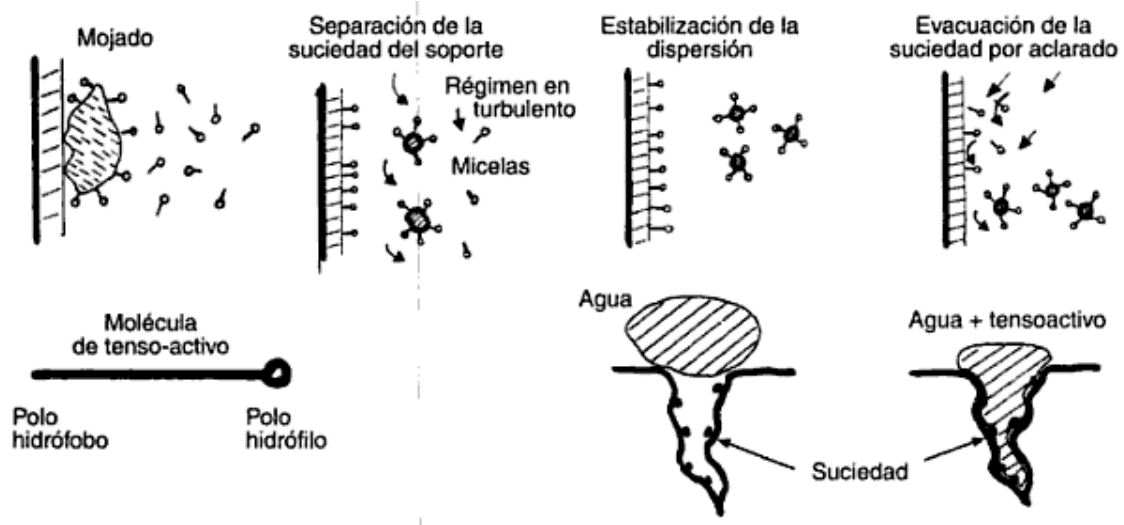


Figura.A4.2. Fases de limpieza

El mojado previo de la suciedad solamente es posible si su superficie tiene un carácter hidrófilo, o bien si ésta adquiere esta propiedad con la utilización de sustancias tensioactivas o detergentes añadidos, fijándose el polo hidrófobo sobre la suciedad, mientras que el polo contrario hidrófilo se orienta hacia la fase líquida. Estas sustancias también reducen la tensión superficial del agua, y permiten una mejor penetración en las zonas difíciles donde la suciedad se acumula más. A partir de una cierta concentración del producto tensioactivo en un medio acuoso, se forman micelas o pequeñas partículas en suspensión de la suciedad, estando rodeadas del tensioactivo y con sus polos hidrófilos situados hacia el exterior. Las operaciones mecánicas de cepillado o de formación de corrientes de líquido a presión, facilitan el arranque y la dispersión de la suciedad, debiendo evitarse la refijación de las micelas mediante la agitación del líquido.

Una vez eliminado el líquido cargado de micelas de suciedad con detergente, el aclarado con agua limpia tiene por misión terminar de evacuar estas micelas, así como también hacer desaparecer los restos de detergente adherido a la superficie limpia. Esta eliminación nunca es

completa, quedando siempre algún residuo sobre la superficie limpia, razón por la cual los detergentes nunca deben ser tóxicos.

1.4. PRODUCTOS DE LIMPIEZA

Estas sustancias deben ser utilizadas de una manera eficaz y racional, para lo cual deben cumplir el mayor número posible de los siguientes requisitos:

- Autorizados por la legislación alimentaria.
- Suficientes propiedades de detergencia.
- Eficaces en un amplio espectro de uso.
- No formarán espuma.
- Fácilmente eliminables por aclarado con agua.
- No transmitirán olores ni sabores extraños.
- Las cantidades residuales no serán tóxicos para el aplicador, ni tampoco para el consumidor.
- Biodegradables y no corrosivos para los materiales.
- No alterarán las superficies de los materiales tratados.
- Productos de bajo coste.

Tal y como se indica en el apartado *1.2. Origen de la suciedad del presente Anexo* para la limpieza se utiliza una solución alcalina. Estos productos son los más utilizados, eliminando la suciedad por solubilización y disgregación, producen muy poca espuma y mantienen el pH de la solución alto, con un fuerte poder tampón. Los detergentes alcalinos se saponifican con la grasa que contiene la suciedad, y neutralizan los componentes ácidos de ésta, siendo los más habituales:

- Sosa cáustica o hidróxido sódico. Es un limpiador energético, dependiendo su actividad de la temperatura de aplicación. Además se utiliza como desincrustante, para la eliminación de los sedimentos o costras de tartratos.

- Carbonato sódico o sosa Solvay. Es un detergente muy alcalino, que emulsiona muy bien las grasas sobre todo en caliente.
- Metasilicato sódico. Es menos corrosivo que la sosa, de excelentes propiedades emulsionantes de las grasas, per débil poder humectante.
- Fosfato trisódico. Detergente más débil que la sosa, buen emulsionante, y muy utilizado sobre superficies metálicas.

1.5. SISTEMAS DE LIMPIEZA

1.5.1. CEPILLADO

La limpieza puede realizarse de un modo manual o mecánico, dependiendo de la dificultad de la superficie a limpiar, así como de su extensión, debiendo tener en cuenta en el primer caso, contar con una adecuada protección para el operario encargado de ejecutarla.

1.5.2. LIMPEZA C.I.P.

En bodega, los sistemas de limpieza CIP (del inglés Cleaning in Place, es decir, limpieza en sitio) pueden utilizarse para la limpieza de barriles, tanques de todo tipo (almacenaje, fermentación, estabilización), conductos, centrífugas, filtros, intercambiadores de calor, etc. El sistema consiste en hacer circular a través del circuito de depósitos y líneas de proceso una serie de soluciones de limpieza y/o desinfección en circuito cerrado desde unos depósitos de preparación de estas disoluciones, de acuerdo con unas secuencias y unos tiempos establecidos a priori. Estos sistemas admiten un alto grado de automatización pero a menudo se operan de forma manual por parte de un operario encargado de realizar la operación.

La mayoría de los agentes de limpieza utilizados son soluciones acosas ácidas o básicas. Para la desinfección hay una diversidad de productos desinfectantes que se utilizan: peróxido, peracético, productos clorados, amonios cuaternarios, etc.

De forma genérica, cualquier programa de limpieza y desinfección contendrá algunos de los siguientes pasos:

- **Enjuague inicial:** con agua para eliminar de la superficie de los equipos los restos más groseros de producto que se encuentren poco adheridos a las superficies.
- **Ciclo de limpieza:** para eliminar el film residual adherido a las superficies de los equipos. El ciclo de limpieza, en función del tipo de sustancias que impregnen las superficies, puede incluir:
 - Lavado con solución alcalina (caliente o fría)
 - Enjuague intermedio con agua
 - Lavado con solución ácida
 - Enjuague con agua
- **Desinfección:** desinfectante en solución acuosa de forma que las superficies son mojadas o inundadas con el desinfectante. La mayor parte de las formulaciones desinfectantes contienen agentes germicidas, sustancias alcalinas, cloro, oxígeno, inhibidores de la corrosión y agentes complejantes.
- **Enjuague final** con agua para eliminar cualquier resto de productos químicos. Esta agua puede a menudo ser recuperada para realizar un enjuague inicial de otro equipo o de otro ciclo.

1.5.3. CIRCULACIÓN

Este sistema se utiliza para la limpieza o desinfección de circuitos, tales como canalizaciones, tuberías, valvulería, etc. haciendo circular el producto mediante una bomba, en sentido contrario al habitual de funcionamiento, y mejor en régimen turbulento para despegar y arrastrar más fácilmente la suciedad.

1.6. PRINCIPIOS BÁSICOS DE DISEÑO HIGIÉNICO DE EQUIPOS EN CONTACTO CON PRODUCTOS ALIMENTARIOS

Los materiales que estén en contacto con el vino deben ser inertes frente a los mismos en las condiciones de uso establecidas. No debe haber ninguna

migración del material de construcción del equipo hacia el vino, evitando posibles toxicidades y alteraciones de cualquier otra cualidad del producto.

Las superficies en contacto con el vino deben ser no porosas, lisas y pulidas, evitando el depósito y acumulación de partículas (los tartratos presentes). No debe permitirse la utilización de tornillos en las zonas en contacto con el vino. Todas las superficies en contacto directo con el producto deben ser fácilmente accesibles, o desmontables para la comprobación de su estado de limpieza, es decir serán accesibles para su inspección, de forma que al ser sometidas a los procedimientos rutinarios de limpieza se consiga una limpieza e higiene suficiente. Se debe dejar como mínimo un espacio entre los equipos o entre los equipos y las paredes, de cómo mínimo 45cm si no especifica otra dato el fabricante del equipo.

En la planta de tratamiento por frío diseñada se dejó un espacio entre los equipos y entre los equipos y las paredes de 1,5m a 2m, con el objeto de cumplir todo lo anteriormente mencionado (*Ver PLANO N°1 DISTRIBUCIÓN EN PLANTA*).

El diseño de las partes de los equipos en contacto con el vino tiene que ser de forma que posibilite el drenado total del vino y como de los agentes de limpieza y del agua de lavado, ya que de lo contrario en tiempos muertos de proceso o después de operaciones de limpieza podrían crearse zonas de acumulación.

La superficie externa de las partes de los equipos tiene una función además de estética, de protección, por lo que su diseño será tal que evitará la acumulación de suciedad y será de fácil limpieza.

1.7. DISEÑO HIGIÉNICO DE LOS SISTEMAS AUXILIARES EN CONTACTO CON LOS ALIMENTOS

1.7.1. SISTEMA DE CONDUCCIONES

El diseño de la instalación de tuberías tiene que ser tal que se consiga un drenaje adecuado, para ello en conducciones horizontales se le dejará una mínima pendiente (0,5%). La separación mínima entre tuberías o de éstas a la pared será de 10 cm. La sujeción de las tuberías se hará con sistemas rígidos. Tendrán que tener fácil acceso para su inspección y mantenimiento.

Las uniones entre tuberías estarán exentas de resaltes interiores, serán fácilmente desmontables y con juntas de material sanitario autorizado. Se distribuirán de manera que como máximo habrá 2m de tramos rectos sin uniones desmontables. Los codos serán fácilmente desmontables, accesibles y limpiables.

1.7.2. SISTEMA DE IMPULSIÓN

Las bombas son equipos de diseño normalizado. Las bombas del presente proyecto deben cumplir con las siguientes características:

- La superficie de contacto con el vino es pulida.
- No presentarán zonas muertas de flujo para evitar posibles acumulaciones de suciedad.
- Serán lo más fácil posible de desmontar.
- Los rodamientos están fuera del contacto con el vino.
- Son de fácil drenaje y llenado.
- La terminación externa es de acero inoxidable y por lo tanto fácil de limpiar.

1.7.3. DEPÓSITOS

Los depósitos se han de diseñar con fácil acceso para su posterior inspección y limpieza. Dispondrán de bocas de hombre para acceso de limpieza e inspección, que serán de fácil apertura y desmontaje.

La separación de estos con respecto a las paredes y techo es la suficiente para permitir la limpieza. Con respecto al suelo la separación es de 40cm siendo superior a 20cm y por lo tanto permitiendo la limpieza (*ver planos N°: 7 y 8 Diagrama de impulsión y conducción de la planta*).

ANEXO 5: SEGURIDAD EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO POR FRÍO

ÍNDICE

1. SEGURIDAD EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO POR FRÍO.....	358
1.1. RIESGOS PROFESIONALES.....	358
1.2. PREVENCIÓN DE RIESGOS PROFESIONALES.....	361
1.2.1. PROTECCIONES COLECTIVAS.....	361
1.2.2. PROTECCIONES INDIVIDUALES	367
1.3. MEDIDAS DE PREVENCIÓN.....	370
1.4. MEDIDAS DE SEGURIDAD DE LOS EQUIPOS.....	373

1. SEGURIDAD EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO POR FRÍO

1.1. RIESGOS PROFESIONALES

En la industria enológica, al igual que en otros tipos de industrias, la realización de los diferentes trabajos por el personal entraña una serie de riesgos vinculados algunos a los equipos de la instalación, otros a las sustancias que se manejan, otros a las herramientas utilizadas etc. A continuación se presenta un listado con los diferentes riesgos a los que puede estar sometido el personal en la planta de tratamiento por frío del presente proyecto.

- 1) Atropello por maquinaria y vehículos: No se incluyen los accidentes de tráfico.
- 2) Accidentes por circulación: Accidentes de tráfico ocurridos dentro del horario laboral, independientemente de que se trate de trabajo habitual o no.
- 3) Atrapamientos: Incluye el atrapamiento por o entre objetos.
- 4) Colisiones y vuelcos: Incluye el atrapamiento por vuelco de maquinaria y las colisiones con las mismas.
- 5) Caída a distinto nivel: Incluye las caídas desde alturas (edificios, andamios, árboles, máquinas, vehículos, etc.).
- 6) Caída al mismo nivel: Incluye caídas en lugares de paso o superficies de trabajo y caídas sobre o contra objetos.
- 7) Desprendimientos: Comprende las caídas de edificios, escaleras, apilamiento de mercancías, etc. y los derrumbamientos de masas de tierras, rocas, etc.
- 8) Interferencias con líneas de alta tensión.
- 9) Polvo.
- 10) Ruido.

- 11) Pisadas sobre objetos: Incluye los accidentes que dan lugar a lesiones como consecuencia de pisadas sobre objetos cortantes o punzantes.
- 12) Caídas de objetos en manipulación: Comprende la caída de herramientas, materiales, etc. sobre un trabajador, siempre que el accidentado siempre que el accidentado sea la persona que manipulaba el objeto.
- 13) Caídas de objetos desprendidos: Comprende la caída de herramientas, materiales, etc. sobre un trabajador, siempre que éste no las estuviese manipulando.
- 14) Heridas punzantes en pies y manos.
- 15) Erosiones y contusiones en maquinaria.
- 16) Salpicadura en general: Comprende los accidentes debidos a la proyección sobre el trabajador de partículas o fragmentos voladores procedentes de máquinas o herramientas.
- 17) Cortes y golpes con objetos y herramientas: No incluyen los golpes por caída de objetos.
- 18) Riesgos producidos por agentes atmosféricos.
- 19) Riesgos electrónicos.
- 20) Riesgos de incendio

La “*Ley de prevención y riesgos laborales*” 31/1995 promueve la seguridad y la salud de los trabajadores mediante la aplicación de medidas y el desarrollo de las actividades necesarias para la prevención de riesgos derivados del trabajo. Dicha ley regula las actuaciones a desarrollar por las administraciones públicas, por los empresarios, por los trabajadores y por sus respectivas organizaciones representativas.

Las medidas preventivas para minimizar y/o corregir los riesgos mencionados están establecidas por las siguientes normativas específicas:

- *Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.*
- *Real Decreto 2060/2008, de 12 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de equipos a presión y sus instrucciones técnicas complementarias.*
- *Real Decreto 2267/2004, de 3 de diciembre por el que se aprueba el Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales. Este reglamento tiene por objeto conseguir un grado suficiente de seguridad en caso de incendio en los establecimientos e instalaciones de uso industrial.*
- *Real Decreto 286/2006, de 10 de marzo, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido.*
- *Real Decreto 486/1997, de 14 de abril, por el que se establecen las Disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.*
- *Real Decreto 485/1997, por el que se establecen las disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.*
- *Real Decreto 1311/2005 de 4 de noviembre, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores frente a los riesgos derivados o que puedan derivarse de la exposición a vibraciones mecánicas.*
- *Real Decreto 773/1997, de 30 de mayo, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.*
- *Real Decreto 486/1997, de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.*

- *Real Decreto 3099/1977, de septiembre, por el que se aprueba el Reglamento de Seguridad para Plantas e Instalaciones Frigoríficas.*

1.2. PREVENCIÓN DE RIESGOS PROFESIONALES

Para prevenir los riesgos se realizarán una serie de protecciones colectivas y protecciones individuales, haciendo referencia a las leyes anteriormente mencionadas.

1.2.1. PROTECCIONES COLECTIVAS

- *Señalización de la zona de tratamiento por frío*

El Real Decreto 485/1997, de 14 abril por el que se establecen las disposiciones mínimas de carácter general relativas a la señalización de seguridad y salud en el trabajo, indica que deberá utilizarse una señalización de seguridad y salud a fin de:

- Llamar la atención de los trabajadores sobre la existencia de determinados riesgos, prohibiciones u obligaciones.
- Alertar a los trabajadores cuando se produzca una determinada situación de emergencia que requiera medidas urgentes de protección o evacuación.
- Facilitar a los trabajadores la localización e identificación de determinados medios o instalaciones de protección, evacuación, emergencia o primeros auxilios.
- Orientar o guiar a los trabajadores que realicen determinadas maniobras peligrosas.

Se presenta la necesidad de señalar como consecuencia de la evaluación de riesgos, al aplicar las acciones requeridas para su control, no existan medidas técnicas u organizativas de protección colectiva, de suficiente

eficacia o como complemento a cualquier medida implantada, cuando la misma no elimine totalmente el riesgo.

Las situaciones que se deben señalar son, entre otras:

- El acceso a todas aquellas zonas en las que por su actividad se requiera la utilización de un equipo o equipos de protección individual (dicha obligación no solamente afecta a quien realiza la actividad, sino a cualquier persona que acceda durante la ejecución de la misma: señalización de obligación).



Figura.A5.1. Protecciones obligatorias

- Las zonas que, por la actividad que se realiza en los mismos o bien por los equipos o instalaciones que en ellos existan, requieren para su acceso que el personal esté especialmente autorizado (señalización de advertencia de los peligros de la instalación y/o señales de prohibición de uso a personas no autorizadas).

Señales de advertencias



Alta temperatura



Riesgo eléctrico



Peligro por transmisiones
mecánicas



Peligro por objetos
cortantes



Caída de objetos



Suelo resbaladizo



Riesgo de tropezar



Caída a distinto
nivel



Peligro en general

Figura.A5.2. Señales de advertencias



Figura.A5.3. Señales de prohibición

- Señalización en todo el centro de trabajo, que permita a todos sus trabajadores conocer las situaciones de emergencia y/o las instrucciones de protección en su caso. (La señalización de emergencia puede ser también mediante señales acústicas y/o comunicaciones verbales, o bien en las zonas donde la intensidad del ruido ambiental no lo permita o las capacidades físicas auditivas del personal estén limitadas, mediante señales luminosas).

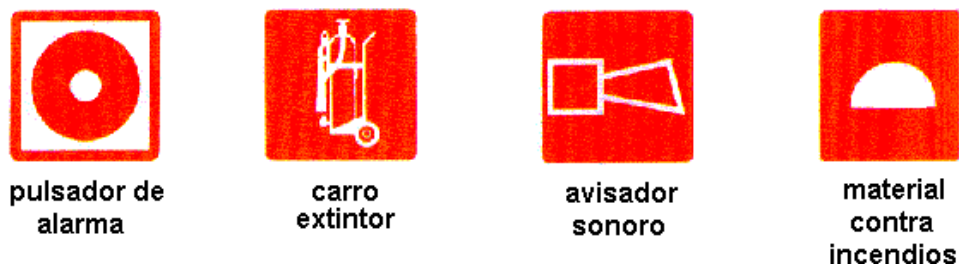


Figura.A5.4. Señales de emergencia

- La señalización de los equipos de lucha contra incendios, las salidas y recorridos de evacuación y la ubicación de primeros auxilios se

señalarán en forma de panel, tal como establece el Real Decreto. La señalización de los equipos de protección contra incendios (sistemas de extinción manuales) se deben señalar para su fácil y rápida localización y poder ser utilizados en caso necesario.



Figura.A5.5. Señales de equipos de lucha contra incendios

- Iluminación

La iluminación necesaria viene impuesta por el *RD 486/1997* en su anexo IV.

Los niveles mínimos de iluminación de los lugares de trabajo serán los establecidos en la siguiente tabla:

Zonas o partes del lugar de trabajo	Nivel mínimo de iluminación (lux)
Zonas donde se ejecuten tareas con:	
1° Baja exigencia visual	100
2° Exigencia visual moderada	200
3° Exigencia visual alta	500
4° Exigencia visual muy alta	1000
Áreas o locales de uso ocasional	50
Áreas o locales de uso habitual	100
Vías de circulación de uso ocasional	25
Vías de circulación de uso habitual	50

Tabla.A5.1. Niveles de iluminación de distintos lugares de trabajo

Estos niveles mínimos deberán duplicarse cuando concurren las siguientes circunstancias:

- En áreas o locales de uso general y en las vías de circulación, cuando por sus características, estado u ocupación, existan riesgos apreciables de caídas, choque u otros accidentes.
- En las zonas donde se efectúen tareas, y un error de apreciación visual durante la realización de las mismas, pueda suponer un peligro para el trabajador que las ejecuta o para terceros.

Además destacar que los accesorios de iluminación exterior serán estancos a la humedad y además debe estar prohibido la utilización de la iluminación de llama.

1.2.2. PROTECCIONES INDIVIDUALES

Se entiende por equipo de protección individual (*RD 773/1997*) cualquier equipo destinado a ser llevado o sujetado por el trabajador para que le proteja de uno o varios riesgos que puedan amenazar su seguridad o su salud, así como cualquier complemento o accesorio destinado a tal fin.

Los equipos necesarios para la planta diseñada en el presente proyectos son:

- Gafas de protección facial, ocular o ambas.

Con el objeto de proteger al personal de las proyecciones de objetos y/o fragmentos de cualquier partícula sólida y de cualquier líquido.

- Ropa de protección.

Se usará en una situación de emergencia en la que las personas responsables deben ser identificables. De esta manera protege sobre cortes y/o golpes con las maquinarias.

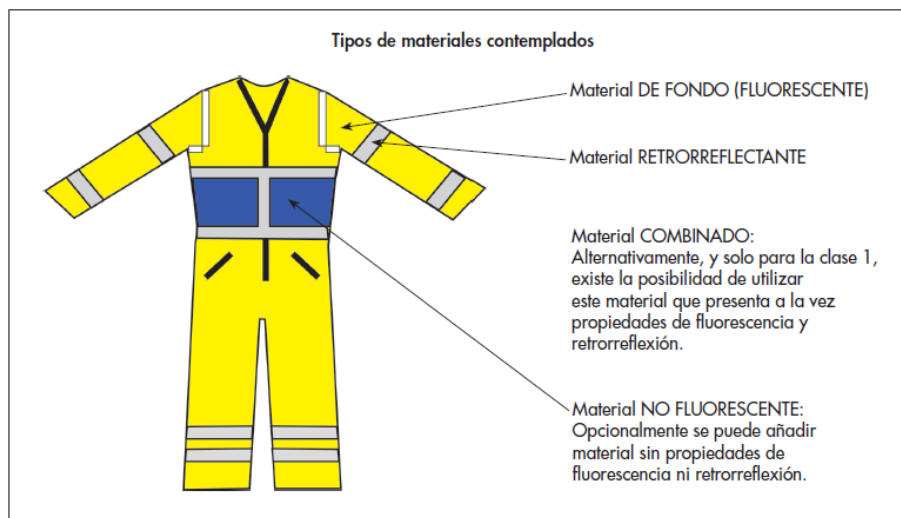


Figura.A5.6. Ropa de protección

- Protectores auditivos.

Pueden ser pasivo tales como: orejeras, tapones, tapones con arnés. Orejeras acopladas a casco de protección, especiales. Otro tipo de protectores auditivos son los no pasivos, como: orejeras dependientes del nivel, orejeras con reducción activa del ruido, orejeras con entrada eléctrica de audio y tapones dependientes del nivel. Se usará con el objeto de proteger al trabajador de los posibles ruidos.



Figura.A5.7. Principales elementos de una orejera

- Botas de seguridad.

Este tipo de protección evita los riesgos mecánicos (caída de objetos en la puntera, en el metatarso, en el talón, atrapamiento del pie, caída por deslizamiento, marcha sobre objetos punzantes y cortantes), los riesgos eléctricos (contacto eléctrico y descarga electrostática), riesgos químicos (ácidos, bases...) y riesgos térmicos (ambiente frío, caluroso y lucha contra el fuego).

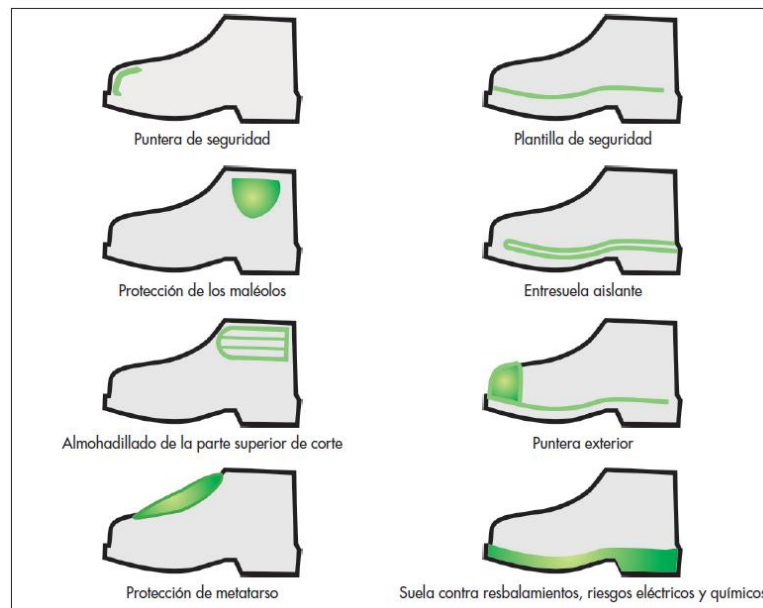


Figura.A5.8. Protecciones de las botas de seguridad

- Cascos de protección.

Un casco de seguridad (o de protección) es un conjunto destinado, fundamentalmente, a proteger al usuario contra choques, impactos y otros riesgos similares.



Figura.A5.9. Partes constituyentes del casco de protección

- Arnés y conectores para la protección contra caída de alturas.

El trabajador puede estar expuesto a caer al vacío por cualquier tarea que tenga que hacer en la zona de trabajo, por lo que es necesario llevar este tipo de protección cuando se realice un trabajo que presente dicho riesgo.

- Guantes.

Ofrece protección contra sustancias químicas y mecánicas previniendo afecciones en la piel por dermatitis de contacto.

1.3. MEDIDAS DE PREVENCIÓN

- 1) Trabajar siempre con las protecciones originales de la maquinaria. Prestar la máxima atención en las tareas de limpieza y mantenimiento. En ocasiones puede ser preciso la colocación de barandillas protectoras que limiten el acceso a la maquinaria. Es importante la adecuación de los equipos de trabajo al RD. 1215/97 sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.
- 2) Establecer un orden y limpieza rigurosa en cada uno de los procesos de la bodega. Controlar que las señalizaciones y la iluminación este en todo momento adecuado para el trabajo.
- 3) Mantener las zonas de trabajo que se encuentren elevadas limpias de todo tipo de objetos. Señalizar las zonas de peligro, especialmente cuando se realicen trabajos esporádicos en zonas elevadas.
- 4) Mantener las zonas de paso libres de obstáculos. Señalizar las zonas en las que existen obstáculos que no se pueden quitar. Es necesario tener un adecuado orden y limpieza.
- 5) Evaluar las conexiones y equipos eléctricos, especialmente en zonas húmedas de la bodega. Puede ser interesante como medida preventiva realizar revisiones periódicas protocolizadas de aquellas zonas de más riesgo. Se debe conectar toda la instalación a tierra para evitar descargas.

- 6) Puede ser necesario utilizar protecciones lumbares para los trabajadores que lo requieran, siempre bajo supervisión de un profesional sanitario
- 7) En el caso de trabajar expuestos al ruido se utilizarán equipos de protección contra el mismo. Se señalarán las zonas de la bodega donde el uso de los equipos de protección individual puedan ser recomendables así como obligatorios. Cuando sea vinculante, se realizará la correspondiente evaluación de ruido.
- 8) Se debe formar a los trabajadores en el manejo de los medios de extinción así como en primeros auxilios.
- 9) Se debe informar de las medidas a adoptar en caso de incendio. Las revisiones de los equipos de extinción deben realizarse de forma conveniente según indicaciones técnicas.
- 10) Se debe conocer la sintomatología de estos riesgos que se encuentran difuminados en las redes de las empresas, para poder identificarlos a tiempo. Una adecuada organización del trabajo, así como una efectiva comunicación en el seno de la empresa pueden ser medidas preventivas.
- 11) La cámara frigorífica deberá poseer un sistema de detección que avise de las fugas o escapes de los gases utilizados para la producción de frío.
- 12) Al personal que preste servicio en la cámara frigorífica se le instruirá sobre cómo comportarse en caso de escape o fuga de gases. Además en dicho lugar se colocará un cartel con extractos de las instrucciones.
- 13) El personal que trabaje en el interior de la cámara dispondrá de abrigo adecuado, cubrecabezas, calzado y guantes aislantes, o cualquier otra protección necesaria para realizar su función (casco cuando exista el riesgo de caída en altura de objetos). Los trajes de protección deberán encontrarse en condiciones de utilización y colocados en un lugar accesible, junto a la entrada a la zona.

- 14) Dispondrá de una puerta isoterma que llevará dispositivos de cierre, que permitan su apertura tanto desde fuera como desde dentro.
- 15) La cámara frigorífica dispondrá junto a la puerta y por su parte interior de dos dispositivos de llamada (timbre, sirena o teléfono), convenientemente alumbrados con un piloto y de forma que se impida la formación de hielo sobre el mismo. El piloto estará encendido siempre que estén cerradas las puertas y se conectará automáticamente a la red de alumbrado de emergencia, en caso de faltar el fluido a la red general.
- 16) Después del cese del trabajo, una persona encargada deberá realizar una inspección con el fin de comprobar que nadie se ha quedado encerrado en la cámara.
- 17) No deberá trabajar una persona sola en el recinto frigorífico, no obstante si es inevitable, a efectos de seguridad debe ser vista dicha persona cada hora, disponiéndose para ello de un reloj avisador.

1.4. MEDIDAS DE SEGURIDAD

Todas las operaciones a realizar en los equipos han de ser realizadas por personal cualificado.

Los componentes que trabajan a presión cumplen con la directiva 97/23 CE de equipos a presión, por lo que se le considera aptos para soportar las tensiones a que se ven sometidos, eliminando así el riesgo de rotura en servicio.

Siempre que se efectúe una intervención o reparación del equipo deberá de utilizarse los equipos de protección individuales necesarios.

Los equipos cumplen con la directiva europea de baja tensión y el reglamento electrotécnico de baja tensión por lo que están equipados con los medios suficientes para prevenir riesgos eléctricos.

Están diseñados con materiales resistentes al fuego evitando el riesgo de incendio o sobrecalentamiento provocado por el propio equipo o por los productos utilizados por él.

Los equipos que trabajen a presión poseerán válvulas de seguridad evitando la explosión por sobre-presión.

Algunos equipos de la planta de tratamiento por frío diseñada en el presente proyecto utilizan refrigerantes como fluido caloportador. Aunque no se tratara con estos fluidos directamente es necesario conocer las características de los mismos y las medidas a adoptar en caso de accidente. Estas son mencionadas en el *ANEXO N°6: DATOS TÉCNICOS (Fichas de seguridad)*.

Para suprimir los riesgos de accidente que puedan resultar de situaciones inusuales, se utiliza carteles de señalización de zonas con las indicaciones siguientes:



Alta temperatura



Riesgo eléctrico



Peligro por transmisiones mecánicas



Peligro por objetos cortantes



Manipulación por personal cualificado



No pasar sin desconectar el interruptor general antes de cualquier manipulación

Figura.A5.10. Señales de advertencia de los equipos

ANEXO N°6: DATOS TÉCNICOS

Intercambiador de calor de placas



Intercambiadores de calor de placas FrontLine™

FrontLine™

Aplicaciones

- Pasteurización
- Refrigeración/calentamiento general de productos lácteos, cervezas, bebidas y alimentación.
- Refrigeración/calentamiento en la industria farmacéutica.

Diseño estándar

Bastidor

Las placas y la placa de presión se encuentran suspendidas de una barra sustentadora y colocadas con una barra guía inferior, las cuales se fijan a la columna de apoyo. Los pernos tensores están equipados con cojinetes de bola anulares para facilitar la apertura y el cierre de la unidad. El bastidor y la columna de apoyo tienen patas regulables.

Una unidad puede constar de varios intercambiadores de calor, separados por placas de conexión con conexiones intercambiables.

La placa delantera

Las placas delanteras están diseñadas para cubrir las necesidades más exigentes del tratamiento de alimentos. La combinación entre una profundidad de prensado elevada y un patrón con puntos de contacto relativamente escasos, proporciona un funcionamiento prolongado y sin interrupciones. El patrón de distribución asegura un caudal uniforme en toda la placa. El diámetro de las salidas permite la limpieza in situ (CIP) con el mismo caudal utilizado en el propio proceso.

Placa

El acanalado de las placas facilita el paso entre las mismas, sirve de apoyo entre unas y otras y aumenta la turbulencia, dando como resultado una transferencia de calor eficaz.

Las salidas y juntas estancas de los extremos están colocadas de modo que los dos medios transmisores fluyen a través de canales alternos.

Las placas tienen un ángulo en forma de V para obtener una resistencia máxima en funcionamiento a altas presiones. Existen disponibles distintos diseños de ángulos para obtener de forma óptima una transferencia de calor alta y una caída de presión baja. Una zona de distribución única ofrece un flujo uniforme sobre la superficie de la placa. El sistema de Alfa Laval permite un manejo sencillo de las placas en el bastidor, junto con el extremo que guía un conjunto de placas resistente. Las placas son reversibles y tienen flujo paralelo, por lo que sólo es necesario un tipo de placa.

Principio de funcionamiento

Un intercambiador de calor de placas consta de un conjunto de placas metálicas acanaladas con orificios para permitir el paso de dos fluidos entre los que se realiza la transferencia de calor.

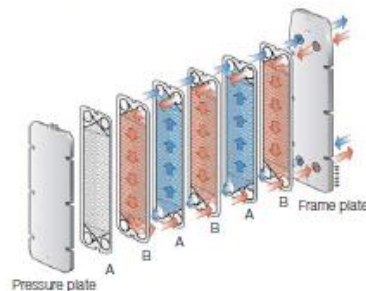
El conjunto de placas está montado entre una placa de bastidor fija y otra placa de presión móvil y se mantiene apretado mediante pernos tensores.

Las placas están provistas de una junta que sella el canal entre placas y envía los fluidos hacia canales alternos. El número de placas



Placa delantera

depende del caudal, propiedades físicas de los fluidos y el programa de temperaturas. Las conexiones pueden situarse en la placa bastidor y en la placa de presión.



Principio del intercambiador de calor de placas FrontLine

DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO EN FRÍO PARA LA ESTABILIZACIÓN DE VINOS

Materiales estándar

Bastidor

Placa bastidor y de presión en acero inoxidable sólido o con revestimiento o superficie recubierta. Todas las piezas van cubiertas en acero inoxidable a prueba de ácidos. Otras superficies en varios grados de acero inoxidable. Tuercas móviles de los pernos tensores en latón chapado en cromo.

Tipos de placas

Frontal 6, Frontal 8, Frontal 10 y Frontal 15.

Otras placas de la serie FrontLine™ son las placas WideStream® y Gemini.

Placas

AISI 316 de acero inoxidable, titanio o SMO

Juntas

Nitrilo-FDA o EPDM-FDA.

Las placas FrontLine™ llevan juntas con presilla sin pegamento, lo que facilita su sustitución incluso con las placas colgando en el bastidor. El material de las juntas estancas se elige para un uso seguro en el contacto con productos farmacéuticos y alimentarios.

Datos técnicos

Presión del diseño mecánico (g)/Temperatura

Acero inoxidable sólido de FRM	10 bares/150 °C
Acero inoxidable sólido de FRH*	16 bares/150 °C
Acero inoxidable sólido de FRD	21 bares/150 °C

Acero inoxidable revestido de RM	10 bares/150 °C
Acero inoxidable revestido de RH	16 bares/150 °C
Acero inoxidable revestido de RD	21 bares/150 °C

RMS de superficie recubierta	10 bares/150 °C
RHS de superficie recubierta	16 bares/150 °C

Conforme con la Directiva Europea de Equipos de Presión (PED). Puede ostentar la certificación CE dependiendo de las condiciones de diseño. Conforme con el estándar de Ingeniería Acústica de Alfa Laval (ALS).

* No aplicable para el Frontal 15

Conexiones

Piezas macho DIN, SMS, Abrazadera triple, B.S./RJT y IDF/ISO. Otras conexiones previa solicitud

Placas

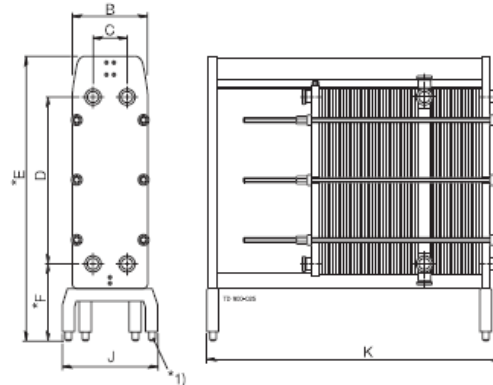
Placas	Frontal 6	Frontal 8	Frontal 10	Frontal 15
Patrón de la placa	Chevron	Chevron	Chevron	Chevron
Superficie m ²	0.18	0.38	0.62	0.91
Dimensión total,	1000 x 250	1250 x 375	1500 x 500	1.750 x 625
mm (pulgadas)	(39,4 x 9,8)	(49,2 x 14,8)	(59,1 x 19,7)	(68,9 x 24,6)
Dimensión de puerto,	55 (2.2)	80 (3.1)	105 (4.1)	150 (5.9)
mm (pulgadas)				
Espesor,	0.5/0.6/0.7	0.5/0.6/0.7	0.5/0.6/0.7	0.5/0.6/0.7
mm				

Opciones

- A. Cavidad de termómetro y junta de sellado con grifo de ventilación¹⁾
- B. Cavidad de termómetro¹⁾
- C. Conexión para el transmisor de presión de 51 mm ¹⁾
- D. Chapa de protección
- E. Protecciones de los pernos de acero inoxidable
- F. Acabado 3-A
- G. Patas extensibles
- H. Llave estándar extra o herramienta de tensión neumática
- I. Certificados de pruebas y del material
- J. Pruebas realizadas por empresas de inspección homologadas

¹⁾ En los extremos de paso en las placas de conexión.

Dimensiones (mm)



¹⁾ Pie ajustable ± 40 mm

Medidas en mm/(pulgadas)				
	Frontal 6	Frontal 8	Frontal 10	Frontal 15
B	370 (14.6)	492 (19.4)	670 (26.4)	803 (31.6)
C	129 (5.1)	220 (8.7)	324 (12.8)	400 (15.7)
D	859 (33.8)	1095 (43.1)	1324 (52.1)	1524 (60)
E*	1420 (55.9)	1850 (72.8)	2167 (85.3)	2605 (102.6)
F*	400 (15.7)	500 (19.7)	500 (19.7)	700 (27.6)
J	520 (20.5)	670 (26.4)	850 (33.5)	970 (38.2)
K* mín.	1000 (39.4)	1440 (56.7)	1400 (55.1)	1588 (62.5)
K* máx.	2500 (98.4)	3860 (152)	5000 (197)	6400 (252)

* Dimensión variable dependiendo de varios componentes.

Conexión en mm (pulgadas)				
	Frontal 6	Frontal 8	Frontal 10	Frontal 15
Diámetro	51 (2)	76 (3)	76/101.6 (3/4)	101.6/150 (4/6)

Capacidad l/h				
	Frontal 6	Frontal 8	Frontal 10	Frontal 15
Pasteurización	15000	35000	65000	100000
Calentamiento/Refrigeración	15000	35000	65000	150000
Agua	30000	75000	130000	200000

La longitud total varía en función del número de placas y las placas conectadas. El espacio libre recomendado alrededor de la unidad es de 1,5 m en los lados y en el extremo superior del bastidor.

Intercambiador de calor de superficie rascada

	PRODUCTOS AGROVIN, S.A. DEPARTAMENTO DE MAQUINARIA POLIGONO INDUSTRIAL ALCES, S/N 13600 ALCAZAR DE SAN JUAN (CIUDAD REAL) TEL 926 55 02 00 FAX 926 54 62 54					
CARACTERISTICAS TECNICAS						
	POLAR 10	POLAR 20	POLAR 30	POLAR 40	POLAR 50	POLAR 60
Potencia nominal (Frig/h)	10.000	20.000	30.000	40.000	50.000	60.000
Potencia compresores (KW / HP)	5,5 / 7,5	14 / 20	18,5 / 25	27 / 35	30/40	2x18,5 / 2x25
Potencia rascador (KW)	1,5	1,5	3	3	3	2 x 3
Potencia ventiladores (KW)	2 x 0,20	2 x 0,72	3 x 0,72	3 x 0,72	4 x 0,72	6 x 0,72
Potencia condensador Kcal/h (Kw)	20.500 (23,8)	54.100 (63)	81.240 (94,5)	105.320 (122)	113.870 (132)	2X81.240 (2 X 94,5)
Mosto o zumos de +25°C a +15°C (l/h)	1.400	3.700	5.300	6.000	9.000	10.300
Vino de +15°C a -5°C (l/h)	430	1.000	1.500	1.900	2.400	3.000
Gas	R404A					
Número de cuerpos rascados	1	1	1	1	1	2
Dimensiones (mm)	1.800 550	2.300 830	3.800 830	3.800 830	4.800 830	3.800 1.670
	1.700	2.000	2.000	2.000	2.000	1.950
Peso (Kg)	400	700	1.050	1.150	1.300	1.700
Tipo montaje	CHASIS SOBRE RUEDAS					



CUERPO RASCADO para estabilización Modelo POLAR - 3 -

Equipo frigorífico

ACONDICIONADORES y BOMBAS DE CALOR
aire-aire autónomas de cubierta
y ventilador de retorno tipo Roof-Top



RTOVR_Z
RTOPCVR_Z

22 a 296 kW R407C



Descripción

RTOVR_Z / RTOPCVR_Z

Estas unidades están fabricadas con materiales resistentes a los agentes atmosféricos, incorporan ventilador de extracción para el 100% del caudal de aire tratado. Necesitan para su instalación la conexión eléctrica y las tomas de aire de impulsión y retorno.

En los modelos 702B y 802B el ventilador de retorno se suministra en un módulo aparte, que debe ser conectado a la unidad principal.

Compresores, elementos de control y cuadro eléctrico, alojados en un habitáculo aislado del flujo de aire y de fácil acceso.

Construidas y verificadas bajo aseguramiento de CALIDAD ISO 9001, cumpliendo los requisitos esenciales de las DIRECTIVAS C.E.

Componentes principales:

Mueble construido en chapa de aluminio, con acceso por paneles desmontables.

Compresores de tipo hermético para R-407C (modelos 081 a 282) y compresores de tipo semihermético para R-407C (modelos 151B a 1002M), con válvulas de servicio en aspiración y descarga, protección eléctrica, resistencia de cárter, control de capacidad (según modelo), visor de nivel de aceite y válvula de seguridad interna.

Compresor de tornillo de tipo semihermético para R-407C en modelo 1202M con válvulas de servicio en aspiración y descarga, protección eléctrica en devanado con control de sentido de rotación y protección por falta de fase, resistencia de cárter, control de capacidad, visor de nivel de aceite, válvula antirretorno de descarga, filtro y separador de aceite.

Ventiladores de impulsión y retorno de tipo centrífugo de doble aspiración, equilibrados estática y dinámicamente. Motor eléctrico trifásico montado sobre tensor y transmisión por correas trapezoidales.

Batería interior de aire en tubo de cobre y aletas de aluminio, con distribuidor de líquido y filtros de aire de tipo regenerable.

Ventiladores de tipo axial diseñados para utilización a la intemperie, equilibrados estática y dinámicamente, accionados por motor eléctrico de 6 polos, directamente acoplado, protección IP-54, aislamiento clase F y protección térmica.

Batería exterior de aire independiente por cada circuito frigorífico, construidas en tubo de cobre y aletas de aluminio.

Circuito frigorífico en tubo de cobre entre todos sus componentes: Compresor, batería exterior, batería interior, válvulas de expansión, válvula inversora (Solo unidades bomba de calor), acumulador de aspiración, filtro deshidratador, válvulas retención y válvulas de servicio. Presostato de alta manual por cada circuito frigorífico. Presostato de baja automático por cada circuito frigorífico. Sonde de presión por cada circuito frigorífico. Filtro de aire de tipo regenerable. Limitador de temperatura de descarga del compresor (Solo unidades bomba de calor). Válvula de cuatro vías para inversión de ciclo (Solo unidades bomba de calor). Acumulador de aspiración, separador de líquido. Desescarche por inversión de ciclo y control inteligente (Solo unidades bomba de calor). Control de presión de condensación en ciclo de frío gobernado por microprocesador en unidades 1002M y 1202M.

Componentes eléctricos:

Interruptor general tetrapolar para corte en carga con bloqueo de puerta. Fusibles independientes para cada motor. Interruptor automático de seguridad en circuito de control. Contactores y relés para el accionamiento y protección de motores. Cableado eléctrico señalizado, bornas de conexión y toma de tierra.

Sistema de control: Estas unidades están gobernadas por el sistema

de microprocesador ECS-ECO (RT), compuesto por placa electrónica y terminal de control, el cual realiza las siguientes funciones:

- Regulación en temperatura de retorno.
- Temporización de ciclos de funcionamiento.
- Temporización anti-arranque del sistema con cárter frío.
- Selección automática de ciclos de trabajo en función de la temperatura de retorno.
- Control de desescarche (Solo unidades bomba de calor).
- Activación resistencias eléctricas en caso de incorporárlas.
- Control de freecooling entálpico con sondas de temperatura y humedad montadas en toma de aire exterior y retorno a la unidad.
- Visualización de temperatura de retorno, temperatura externa, temperatura de impulsión, presiones, estados y alarmas.
- Programación horaria diaria, semanal y posibilidad de seleccionar períodos de vacaciones o paradas programadas.
- Posibilidad de conexión a sistema de supervisión por ordenador.

Notas informativas

Estas unidades se suministran montadas, conectadas y probadas en fábrica, entregándose con carga de refrigerante y aceite.

DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO EN FRÍO PARA LA ESTABILIZACIÓN DE VINOS

MODELO	081	101	121	141	162	202	242	282	151B	201B
Potencia frigorífica, kW *	22,40	28,80	33,30	38,80	45,00	58,40	68,40	77,00	42,60	48,90
Potencia calorífica, kW * (1)	24,70	32,10	37,20	42,80	49,50	64,80	74,20	84,70	46,40	53,50
Compresor / Cantidad / Nº Circuitos **	HA/1/1	HA/1/1	HA/1/1	HA/1/1	HA/2/2	HA/2/2	HA/2/2	HA/2/2	SA/1/1	SA/1/1
Ventilador interior / Cantidad	Centrí./1	Centrí./1	Centrí./1	Centrí./1	Centrí./2	Centrí./2	Centrí./2	Centrí./2	Centrí./1	Centrí./1
Caudal de aire, m ³ /s *	1,58	1,83	1,91	2,91	3,15	3,83	3,83	5,50	2,91	3,16
Presión estática disponible, Pa *	150	150	150	200	160	200	200	200	200	200
Motor cantidad / kW	1/1,10	1/1,50	1/1,50	1/2,20	1/2,20	1/3,00	1/3,00	1/3,00	1/2,20	1/2,20
Ventilador exterior / Cantidad	Axial/2	Axial/2	Axial/2	Axial/3	Axial/4	Axial/4	Axial/4	Axial/6	Axial/2	Axial/3
Caudal de aire, m ³ /s *	5,00	4,72	4,67	7,42	10,00	9,44	9,33	14,83	7,42	7,33
Motor cantidad / kW	2/0,63	2/0,63	2/0,63	3/0,63	4/0,63	4/0,63	4/0,63	6/0,63	3/0,63	3/0,63
Ventilador de retorno / Cantidad	Centrí./1	Centrí./1	Centrí./1	Centrí./1	Centrí./2	Centrí./2	Centrí./2	Centrí./2	Centrí./1	Centrí./1
Caudal de aire VR, m ³ /s *	1,58	1,83	1,91	2,91	3,15	3,83	3,83	5,50	2,91	3,16
Presión estática disponible VR, Pa *	120	140	140	180	180	180	200	200	180	180
Motor cantidad VR/ kW	1/0,80	1/1,10	1/1,10	1/1,50	1/2,20	1/3,00	1/3,00	1/3,00	1/1,10	1/1,50
Acometida eléctrica	400 V / 3 / 50 Hz + N									
Circuito de control	230 V / 1 / 50 Hz									
Intensidad máxima A	26,0	30,0	33,0	39,0	47,0	57,0	62,0	71,0	45,0	51,0
Potencia absorbida en refrigeración, kW*	10,40	12,90	14,50	17,50	21,40	27,10	30,00	35,70	18,20	20,20
Potencia absorbida en calefacción, kW*(1)	9,20	11,80	13,20	15,60	19,00	24,90	27,10	32,30	16,10	17,90
EER en refrigeración *	2,15	2,23	2,30	2,22	2,10	2,15	2,28	2,16	2,34	2,42
COP en calefacción *(1)	2,59	2,62	2,71	2,62	2,50	2,49	2,63	2,62	2,76	2,87
LA POTENCIA ABSORBIDA, ASÍ COMO LOS COEFICIENTES ENERGÉTICOS INCLUYEN COMPRESORES, CIRCUITO DE CONTROL DE LA UNIDAD Y VENTILADORES.										
Peso RTOVR_Z en servicio, kg (2)	566	590	612	761	1.014	1.058	1.104	1.600	817	851
Peso RTOPCVR_Z en servicio, kg (2)	575	604	624	776	1.049	1.082	1.133	1.635	833	874
Peso del módulo ventilador de retorno (2)	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Pres. sonora aprox.5m campo libre, dBA	59	59	59	61	62	62	62	63	61	62

CÁLCULO DEL COEFICIENTE DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

$$E.E.R. = \frac{\text{Potencia Frigorífica (kW)}}{\text{Potencia Absorbida (kW)}}$$

$$C.O.P.(1) = \frac{\text{Potencia Calorífica (kW)}}{\text{Potencia Absorbida (kW)}}$$

(*) Datos en función de las siguientes condiciones de trabajo:

- Ciclo de Refrigeración:**
 - Temperatura de entrada aire interior -Bulbo Húmedo +19°C
 - Temperatura de entrada aire exterior -Bulbo Seco +35°C
Ciclo de Calefacción (1):
 - Temperatura de entrada aire interior -Bulbo Seco +21°C
 - Temperatura de entrada aire exterior -Bulbo Húmedo + 6°C

Límites de Funcionamiento:

- | | | |
|---|---------------|---------------|
| Ciclo de Refrigeración: | Máxima | Minima |
| - Temperatura de entrada aire interior - Bulbo Húmedo | +23°C | +14°C |
| - Temperatura de entrada aire exterior- Bulbo Seco | +45°C | +17°C |
| Ciclo de Calefacción (1): | | |
| - Temperatura de entrada aire interior - Bulbo Seco | +26°C | +10°C |
| - Temperatura de entrada aire exterior- Bulbo Húmedo | +15°C | -10°C |

(**) Tipos de compresor:

HA: Hermético Alternativo / **SA:** Semihermético Alternativo / **T:** Tornillo

(1) Solo unidades bomba de calor (RTOPCVR_Z).

(2) Peso de las unidades sin opcionales.

Nota: En caso de coincidir dos o más de los límites indicados, consultar con el departamento técnico de TOPAIR.
 Los datos técnicos arriba indicados se refieren a la unidad sin opcionales.

DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO EN FRÍO PARA LA ESTABILIZACIÓN DE VINOS

DIMENSIONES / DIMENSIONS

RTOVR_Z - 081, 101, 121

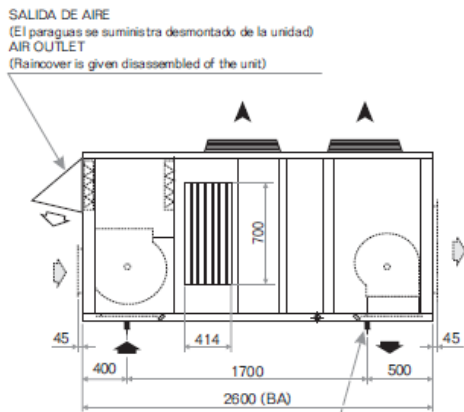
RTOPCVR_Z - 081, 101, 121



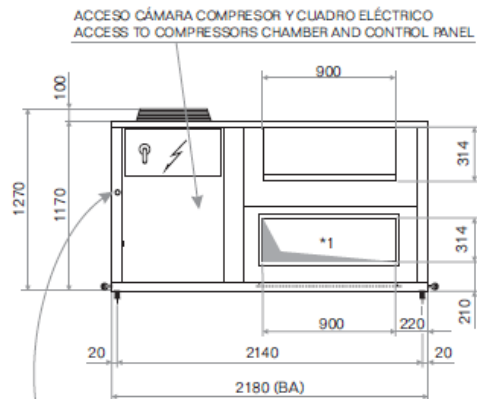
STOPAIR
Aire Acondicionado, S.A.

Plano: 1 006977; Sustituye a: 0709799

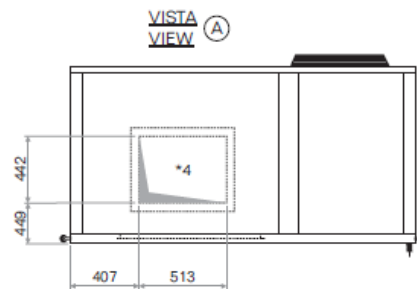
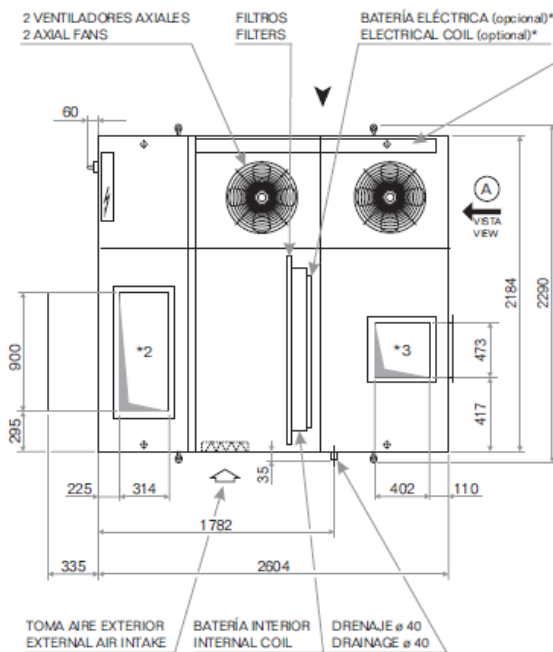
HITSA-TOPAIR se reserva el derecho de la modificación de este plano sin previo aviso



4 MUELLES M-250 (opcional)*
4 SPRING TYPE ABSORBERS M-250 (optional)*



ACOMETIDA ELÉCTRICA
ELECTRICAL LINE INLET



Bombas



Ejecución

Electrobomba centrífuga monobloque con rodete abierto.
Rodete tipo vortex para tipo C 16/1E.

Aplicaciones

Para líquidos moderadamente cargados de impurezas o emulsionados.
Para la industria y la agricultura.

Limites de empleo

Temperatura líquido de - 10 °C a + 90 °C.
Temperatura ambiente hasta 40° C.
Altura de aspiración manométrica hasta 8 m.
Presión máxima admitida en el cuerpo de la bomba 6 bar.
Máximo diámetro cuerpos sólidos: 4 mm.
Servicio continuo.

Motor

Motor a inducción 2 polos, 50 Hz (n = 2900 1/min).
C trifásico 230/400 V a 10%.
CM: monofásico 230 V a 10%, con protector térmico.
Condensador en el interior de la caja de bornes.
Aislamiento clase F.
Protección IP 54.
Ejecución según: IEC 60034.

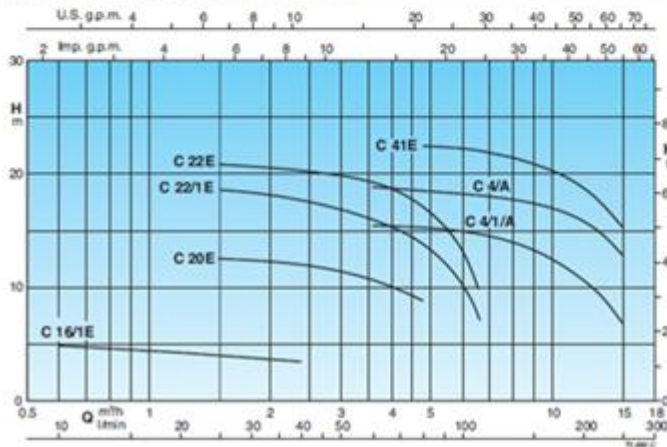
Otras ejecuciones bajo demanda

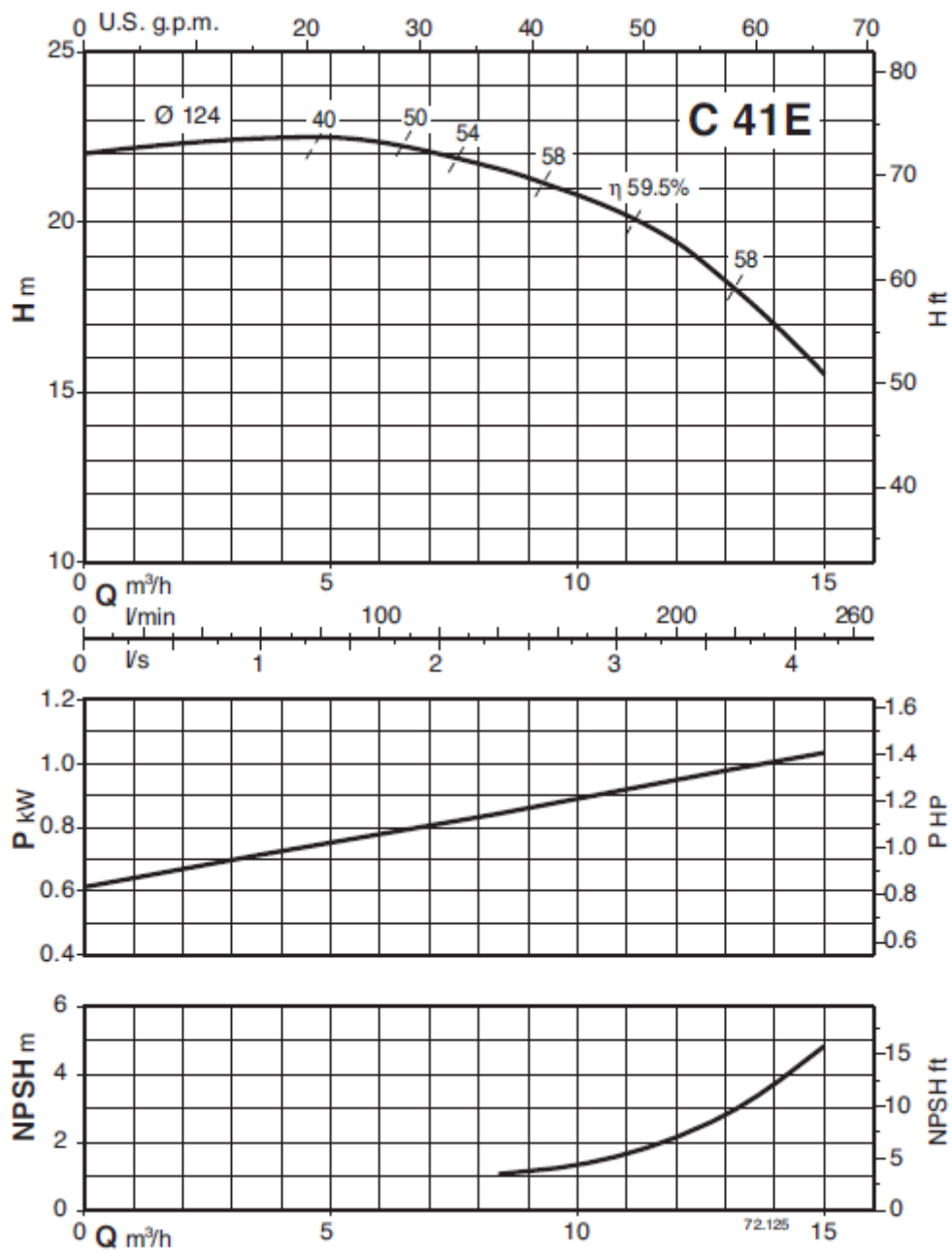
- Otras tensiones.
- Frecuencia 60 Hz.
- Protección IP 55.
- Sello mecánico especial.
- Para líquidos o ambientes con temperaturas más elevadas o más bajas.

Materiales

Componentes	C	B-C
Cuerpo bomba	Hierro GUL 200 EN 1561	Bronce G-Cu Sn 10 EN 1982
Acoplamiento	Hierro GUL 200 EN 1561	Bronce G-Cu Sn 10 EN 1982
Rodete	Latón P. Cu Zn 40 Pb 2 UNI 5705	
Eje	Aceero al cromo 1.4104 EN 10088 (AISI 430) Aceero al cromo-níquel 1.4305 EN 10088 (AISI 303) para C 41E	Aceero al Cr-Ni-Mn 1.4401 EN 10088 (AISI 316)
Sello mecánico	Carbón - Cerámica - NBR	


Curvas Características n = 2900 1/min





Fichas de seguridad:

- *Refrigerante R-404 A*

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD de acuerdo el Reglamento (CE) No. 1907/2006				
DuPont™ SUVA® 404A Refrigerant				
Versión 2.4 Fecha de revisión 31.10.2008		Ref. 130000000494		
Esta Ficha de Seguridad observa los estándares y requisitos reguladores de España y puede que no cumpla con los requisitos reguladores de otros países.				
1. IDENTIFICACIÓN DE LA SUSTANCIA O EL PREPARADO Y DE LA SOCIEDAD O EMPRESA				
Información del Producto				
Nombre del producto	: DuPont™ SUVA® 404A Refrigerant			
Tipos	: ASHRAE Refrigerant number designation: R-404A			
Uso de la sustancia o del preparado	: Refrigerante			
Compañía	: Du Pont de Nemours (Nederland) B.V. Baanhoekweg 22 NL-3313 LA Dordrecht Países Bajos			
Teléfono	: +31-78-630.1011			
Teléfono de urgencias	: +34-(0)-98-512.4395			
Dirección del correo de electrónico	: sds_support@che.dupont.com			
2. IDENTIFICACIÓN DE LOS PELIGROS				
La rápida evaporación del líquido puede producir congelación. Los vapores son más pesados que el aire y pueden producir asfixia al reducir el oxígeno en el aire respirado. Puede causar arritmia cardíaca.				
3. COMPOSICIÓN/INFORMACIÓN SOBRE LOS COMPONENTES				
Nombre químico	No. CAS	No. CE	Clasificación	Concentración [%]
1,1,1-Trifluoroetano (R143a)	420-46-2	206-996-5	F+; R12	52
Pentafluoroetano (R125)	354-33-6	206-557-8		44
1,1,1,2-Tetrafluoroetano (R134a)	811-97-2	212-377-0		4
Para el texto completo de las frases R mencionadas en esta Sección, ver la Sección 16.				
4. PRIMEROS AUXILIOS				
Consejo general	: Nunca debe administrarse nada por la boca a una persona inconsciente. Cuando los síntomas persistan o en caso de duda, pedir el consejo de un médico.			
Inhalación	: Retirar al accidentado de la zona expuesta, mantenerlo tumbado. Puede ser necesaria la respiración artificial y/o el oxígeno. Consultar un médico.			
Contacto con la piel	: Qúitese inmediatamente la ropa contaminada. Limpie el área con agua tibia. No			

DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO EN FRÍO PARA LA ESTABILIZACIÓN DE VINOS

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD de acuerdo el Reglamento
(CE) No. 1907/2006



DuPont™ SUVA® 404A Refrigerant

Versión 2.4

Fecha de revisión 31.10.2008

Ref. 130000000494

	utilice agua caliente. Si ha ocurrido congelamiento, llame a un médico.
Contacto con los ojos	: Mantener los párpados abiertos y enjuagar los ojos con agua en abundancia durante 15 minutos por lo menos. Consultar un médico.
Ingestión	: No es considerado siendo una vía potencial de exposición.
Notas para el médico	
Tratamiento	: No dar adrenalina o drogas similares.

5. MEDIDAS DE LUCHA CONTRA INCENDIOS

Peligros específicos en la lucha contra incendios	: aumento de presión
Equipo de protección especial para el personal de lucha contra incendios	: En caso de fuego, protéjase con un equipo respiratorio autónomo.
Otra datos	: Usar medidas de extinción que sean apropiadas a las circunstancias del local y a sus alrededores. Enfriar recipientes / tanques con pulverización por agua.

6. MEDIDAS EN CASO DE LIBERACIÓN ACCIDENTAL

Precauciones personales	: Evacuar el personal a zonas seguras. Ventilar la zona. Consultar las medidas de protección en las listas de las secciones 7 y 8.
Precauciones para la protección del medio ambiente	: No debe liberarse en el medio ambiente.
Métodos de limpieza	: Se evapora.

7. MANIPULACIÓN Y ALMACENAMIENTO

Manipulación	
Consejos para una manipulación segura	: Evitar respirar los vapores o la niebla. Evitar el contacto con la piel, ojos y ropa. Disponer de la suficiente renovación del aire y/o de extracción en los lugares de trabajo. Ver sección 8 para el equipo de protección personal.
Indicaciones para la protección contra incendio y explosión	: No se requieren medidas de protección especiales contra el fuego.
Almacenamiento	
Exigencias técnicas para almacenes y recipientes	: Conservar el envase herméticamente cerrado en un lugar seco y bien ventilado. Almacenar en envase original. Consérvese a una temperatura no superior a 52°C.

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD de acuerdo el Reglamento (CE) No. 1907/2008



DuPont™ SUVA® 404A Refrigerant

Versión 2.4

Fecha de revisión 31.10.2008

Ref. 130000000494

8. CONTROLES DE LA EXPOSICIÓN/PROTECCIÓN PERSONAL

Disposiciones de ingeniería

Asegurarse de una ventilación adecuada, especialmente en locales cerrados.

Protección personal

Protección respiratoria : Para rescatar y para trabajo de mantenimiento en tanques, utilice equipo respiratorio autónomo. Los vapores son más pesados que el aire y pueden producir asfixia al reducir el oxígeno en el aire respirado.

Protección de las manos : Guantes resistentes al calor

Protección de los ojos : Gafas de seguridad

Medidas de higiene : Manipular con las precauciones de higiene industrial adecuadas, y respetar las prácticas de seguridad.

9. PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS

Estado físico	: Gas licuado,
Color	: incoloro,
Olor	: ligero, similar al éter,
pH	: neutro
Punto /intervalo de ebullición	: -46,7 °C
Punto de ignición	: no se inflama
Descomposición térmica	: 728 °C,
Presión de vapor	: 12 340 hPa a 25 °C
Presión de vapor	: 23 100 hPa a 50 °C
Densidad	: 1,05 g/cm ³ a 25 °C, (como líquido)

10. ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD

Condiciones que deben evitarse	: El producto no es inflamable en el aire, en condiciones ambientales adecuadas de temperatura y presión. Cuando se presuriza con aire u oxígeno, la mezcla puede volverse inflamable. Ciertas mezclas de HCFCs o HFCs con cloro pueden llegar a inflamarse o reaccionar bajo ciertas condiciones.
Materias que deben evitarse	: Metales alcalinos, Metales alcalinotérreos, Metales en polvo, Sales metálicas en polvo
Productos de descomposición peligrosos	: Haluros de hidrógeno, Dióxido de carbono (CO ₂), Monóxido de carbono, Hidrocarburos fluorados, Haluros de carbonilo

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD de acuerdo el Reglamento
(CE) No. 1907/2006



DuPont™ SUVA® 404A Refrigerant

Versión 2.4

Fecha de revisión 31.10.2008

Ref. 130000000494

Reacciones peligrosas : Estable bajo las condiciones de almacenamiento recomendadas.

11. INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA

Toxicidad aguda por inhalación

• 1,1,1-Trifluoroetano (R143a) : CL50/ 4 h/ rata : > 1 856 mg/l
Efectos anestésicos

/ perro :
Sensibilización cardiaca

• Pentafluoroetano (R125) : CL50/ 4 h/ ratón :
556 329 ppm

• 1,1,1,2-Tetrafluoroetano (R134a) : CL50/ 4 h/ rata :
358 500 ppm

/ perro :
Sensibilización cardiaca

Irritación de la piel : El contacto repetido o prolongado con el preparado puede causar desprendimiento de la grasa natural de la piel, resultando en dermatitis no alérgica por contacto y absorción por la piel.

Irritación de la piel

• 1,1,1,2-Tetrafluoroetano (R134a) : no irritante

Irritación ocular

• 1,1,1,2-Tetrafluoroetano (R134a) : no irritante

Sensibilización

• 1,1,1,2-Tetrafluoroetano (R134a) : No es un sensibilizador para la piel.

Toxicidad por dosis repetidas

• Pentafluoroetano (R125) : Inhalación rata
No se encontraron efectos toxicológicamente significativos.

• 1,1,1,2-Tetrafluoroetano (R134a) : Inhalación rata
No se encontraron efectos toxicológicamente significativos.

Evaluación de la mutagenicidad

• 1,1,1-Trifluoroetano (R143a) : Los experimentos han mostrado efectos mutágenos en las culturas de células bacterianas., La evidencia sugiere que esta sustancia no causa daño genético en células mamíferas cultivadas., No muestra efectos mutagénicos en experimentos con animales.

• Pentafluoroetano (R125) : No causó daño genético en células bacterianas cultivadas.

• 1,1,1,2-Tetrafluoroetano (R134a) : Ensayos sobre cultivos en células bacterianas o en mamíferos no demostraron efectos mutagénicos., Las pruebas animales no mostraron cualquier efecto mutágeno.

DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO EN FRÍO PARA LA ESTABILIZACIÓN DE VINOS

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD de acuerdo el Reglamento (CE) No. 1907/2006



DuPont™ SUVA® 404A Refrigerant

Versión 2.4

Fecha de revisión 31.10.2008

Ref. 130000000494

Evaluación de carcinogenicidad	:	No muestra efectos cancerígenos en experimentos con animales.
Evaluación de carcinogenicidad		
• 1,1,1-Trifluoroetano (R143a)	:	Las pruebas animales no mostraron cualquier efecto carcinógeno.
• 1,1,1,2-Tetrafluoroetano (R134a)	:	En general el peso de la evidencia indica que la sustancia no es cancerígena., Una incidencia creciente de tumores benignos fue observada en animales de laboratorio.
Evaluación de la toxicidad para la reproducción	:	No presenta efectos mutagénicos o teratogénicos en los animales experimentados.
Evaluación de la toxicidad para la reproducción		
• 1,1,1,2-Tetrafluoroetano (R134a)	:	La prueba en animales no demostró ninguna toxicidad reproductiva.
Experiencia humana	:	Las exposiciones excesivas pueden afectar a la salud humana, en la forma siguiente: Inhalación Disnea, narcosis, Actividad cardíaca irregular
Otra datos	:	La rápida evaporación del líquido puede producir congelación.

12. INFORMACIÓN ECOLÓGICA

Toxicidad para los peces		
• 1,1,1-Trifluoroetano (R143a)	:	CL50 / 96 h/ Oncorhynchus mykiss (Trucha irisada) : > 40 mg/l
• 1,1,1,2-Tetrafluoroetano (R134a)	:	CL50 / 96 h/ Oncorhynchus mykiss (Trucha irisada) : 450 mg/l
Toxicidad acuática		
• 1,1,1,2-Tetrafluoroetano (R134a)	:	/ CE50/ 48 h/ Daphnia magna (Pulga de mar grande): 980 mg/l
Potencial de reducción de ozono	:	0
Potencial de calentamiento global (PCG)	:	3 784

13. CONSIDERACIONES RELATIVAS A LA ELIMINACIÓN

Producto	:	Puede utilizarse después de reacondicionamiento.
Envases contaminados	:	Los recipientes a presión vacíos deberán ser devueltos al proveedor.

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD de acuerdo el Reglamento
(CE) No. 1907/2008



DuPont™ SUVA® 404A Refrigerant

Versión 2.4

Fecha de revisión 31.10.2008

Ref. 130000000494

14. INFORMACIÓN RELATIVA AL TRANSPORTE

ADR

Clase: 2
Código de clasificación: 2A
No. HI: 20
Número ONU: 3337
No. Etiquetado: 2.2
Nombre propio del transporte: Gas refrigerante R 404A

IATA_C

Clase: 2.2
Número ONU: 3337
No. Etiquetado: 2.2
Nombre propio del transporte: Refrigerant gas R 404A

IMDG

Clase: 2.2
Número ONU: 3337
No. Etiquetado: 2.2
Nombre propio del transporte: Refrigerant gas R 404A

15. INFORMACIÓN REGLAMENTARIA

Etiquetado de acuerdo con las Directivas CE

Etiquetado adicional de preparados : Ficha de datos de seguridad a la disposición del usuario profesional que lo solicite. Contiene gas fluorado de efecto invernadero cubierto por el Protocolo de Kyoto. 1,1,1-Trifluoroetano (R143a)Pentafluoroetano (R125)1,1,1,2-Tetrafluoroetano (R134a)

El producto no necesita ser etiquetado de acuerdo con las directivas de la Comunidad Europea ó las respectivas leyes nacionales.

16. OTRA INFORMACIÓN

Texto de las frases-R mencionadas en la Sección 3


R12 Extremadamente inflamable.


Otra datos


Lea las instrucciones de seguridad DuPont antes de utilizarlo., Para obtener informaciones adicionales, ponerse en contacto con la oficina local DuPont o los distribuidores oficiales de DuPont., ® Marca registrada de DuPont


Los cambios significativos de la versión anterior se denotan con una barra doble.

- Refrigerante R-407 C

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD De acuerdo al Reglamento (CE) n° 1907/2006 y 453/2010		
DuPont™ SUVA® 407C refrigerant		
Versión 3.0 Fecha de revisión 12.05.2011		Ref.130000000517
Esta Ficha de Seguridad observa los estándares y requisitos reguladores de España y puede que no cumpla con los requisitos reguladores de otros países.		
1. IDENTIFICACIÓN DE LA SUSTANCIA O LA MEZCLA Y DE LA SOCIEDAD O LA EMPRESA		
Identificador del producto		
Nombre del producto	: DuPont™ SUVA® 407C refrigerant	
Tipos	: ASHRAE Refrigerant number designation: R-407C	
Sinónimos	: SUVA™ 9000	
Usos pertinentes identificados de la sustancia o de la mezcla y usos desaconsejados		
Uso de la sustancia/mezcla	: Refrigerante	
Datos del proveedor de la ficha de datos de seguridad		
Compañía	: Du Pont de Nemours (Nederland) B.V. Baanhoekweg 22 NL-3313 LA Dordrecht Países Bajos	
Teléfono	: +31-78-630.1011	
E-mail de contacto	: sds-support@che.dupont.com	
Teléfono de emergencia		
Teléfono de emergencia	: +34-(0)-98-512.4395	
2. IDENTIFICACIÓN DE LOS PELIGROS		
Clasificación de la sustancia o de la mezcla		
No es una sustancia o mezcla peligrosa según la Directiva de la CE 67/548/CEE ó 1999/45/CE.		
Elementos de la etiqueta		
Etiquetado especial de determinadas sustancias y mezclas	Ficha de datos de seguridad a la disposición del usuario profesional que lo solicite. Contiene: Difluorometano, Pentafluoroetano, 1,1,1,2-Tetrafluoroetano / Contiene gas fluorado de efecto invernadero cubierto por el Protocolo de Kyoto.	
El producto no necesita ser etiquetado según la Directriz 1999/45/CE, o el Anexo VI de 67/548/CEE.		
Otros peligros		
La rápida evaporación del líquido puede producir congelación. Los vapores son más pesados que el aire y pueden producir asfixia al reducir el oxígeno en el aire respirado. Puede causar arritmia cardíaca.		

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD De acuerdo al Reglamento (CE) n.º 1907/2006 y 453/2010																													
DuPont™ SUVA® 407C refrigerant																													
Versión 3.0 Fecha de revisión 12.05.2011		Ref.130000000517																											
3. COMPOSICIÓN/INFORMACIÓN SOBRE LOS COMPONENTES																													
Sustancias no aplicable																													
Mezclas																													
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 25%;">Número de registro</th> <th style="width: 25%;">Clasificación según la Directiva 67/548/CEE</th> <th style="width: 25%;">Clasificación según el Reglamento 1272/2008 (CLP)</th> <th style="width: 25%;">Concentración</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="4" style="padding: 5px;">Difluorometano (No. CAS75-10-5) (No. CE200-839-4)</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">01-2119471312-47</td> <td style="padding: 5px;">F+;R12</td> <td style="padding: 5px;">Gas infl. 1; H220 Gas a pres. H280</td> <td style="text-align: center; padding: 5px;">23 %</td> </tr> <tr> <td colspan="4" style="padding: 5px;">Pentafluoroetano (No. CAS354-33-6) (No. CE206-557-8)</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">01-2119485636-25</td> <td style="padding: 5px;"></td> <td style="padding: 5px;">Gas a pres. H280</td> <td style="text-align: center; padding: 5px;">25 %</td> </tr> <tr> <td colspan="4" style="padding: 5px;">1,1,1,2-Tetrafluoroetano (No. CAS811-97-2) (No. CE212-377-0)</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">01-2119459374-33</td> <td style="padding: 5px;"></td> <td style="padding: 5px;">Gas a pres. H280</td> <td style="text-align: center; padding: 5px;">52 %</td> </tr> </tbody> </table>	Número de registro	Clasificación según la Directiva 67/548/CEE	Clasificación según el Reglamento 1272/2008 (CLP)	Concentración	Difluorometano (No. CAS75-10-5) (No. CE200-839-4)				01-2119471312-47	F+;R12	Gas infl. 1; H220 Gas a pres. H280	23 %	Pentafluoroetano (No. CAS354-33-6) (No. CE206-557-8)				01-2119485636-25		Gas a pres. H280	25 %	1,1,1,2-Tetrafluoroetano (No. CAS811-97-2) (No. CE212-377-0)				01-2119459374-33		Gas a pres. H280	52 %	El texto completo de las frases R mencionadas en esta Sección, se indica en la Sección 16. Para el texto integro de las Declaraciones-H mencionadas en esta sección, véase la Sección 16.
Número de registro	Clasificación según la Directiva 67/548/CEE	Clasificación según el Reglamento 1272/2008 (CLP)	Concentración																										
Difluorometano (No. CAS75-10-5) (No. CE200-839-4)																													
01-2119471312-47	F+;R12	Gas infl. 1; H220 Gas a pres. H280	23 %																										
Pentafluoroetano (No. CAS354-33-6) (No. CE206-557-8)																													
01-2119485636-25		Gas a pres. H280	25 %																										
1,1,1,2-Tetrafluoroetano (No. CAS811-97-2) (No. CE212-377-0)																													
01-2119459374-33		Gas a pres. H280	52 %																										
4. PRIMEROS AUXILIOS																													
Descripción de los primeros auxilios																													
Recomendaciones generales	: Nunca debe administrarse nada por la boca a una persona inconsciente. Cuando los síntomas persistan o en caso de duda, pedir el consejo de un médico.																												
Inhalación	: Retirar al accidentado de la zona expuesta, mantenerlo tumbado. Sacar al aire libre. Mantener al paciente en reposo y abrigado. Puede ser necesaria la respiración artificial y/o el oxígeno. Consultar a un médico.																												
Contacto con la piel	: Quítese inmediatamente la ropa y zapatos contaminados. Limpie el área con agua tibia. No utilice agua caliente. Si ha ocurrido congelamiento, llame a un médico.																												
Contacto con los ojos	: Mantener los párpados abiertos y enjuagar los ojos con agua en abundancia durante 15 minutos por lo menos. Consultar un médico.																												
Ingestión	: No se considera como una vía potencial de exposición.																												
Principales síntomas y efectos, agudos y retardados																													
Síntomas	: El contacto con la piel puede provocar los síntomas siguientes:																												

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD De acuerdo al Reglamento (CE) n° 1907/2006 y 453/2010		
DuPont™ SUVA® 407C refrigerant		
Versión 3.0 Fecha de revisión 12.05.2011		Ref.13000000517
Congelación, La inhalación puede provocar los síntomas siguientes: Insuficiencia respiratoria, Vértigo, Debilidad, Náusea, Dolor de cabeza, narcosis, Actividad cardíaca irregular		
Indicación de toda atención médica y de los tratamientos especiales que deban dispensarse inmediatamente		
Tratamiento	:	No dar adrenalina o drogas similares.
5. MEDIDAS DE LUCHA CONTRA INCENDIOS		
Medios de extinción		
Medios de extinción apropiados	:	Agua pulverizada, Espuma, Producto químico en polvo, Dióxido de carbono (CO ₂)
Peligros específicos derivados de la sustancia o la mezcla		
Peligros específicos en la lucha contra incendios	:	Los vapores pueden formar mezclas explosivas con el aire. Los vapores son más pesados que el aire y pueden expandirse a lo largo del suelo. Los vapores o gases pueden desplazarse a distancias considerables hacia una fuente de ignición y ocasionar un incendio. El fuego o el calor intenso pueden provocar la ruptura violenta de los embalajes. : Productos peligrosos de la descomposición térmica: Óxidos de carbono Fluoruro de hidrógeno fluoruro de carbonilo Hidrocarburos fluorados La exposición a los productos de descomposición puede ser peligrosa para la salud.
Recomendaciones para el personal de lucha contra incendios		
Equipo de protección especial para el personal de lucha contra incendios	:	En caso de fuego, protéjase con un equipo respiratorio autónomo. Utilícese equipo de protección individual. Llevar guantes de neopreno durante la limpieza tras un fuego.
Otros datos	:	Usar medidas de extinción que sean apropiadas a las circunstancias del local y a sus alrededores. Enfriar recipientes / tanques con pulverización por agua.
6. MEDIDAS EN CASO DE VERTIDO ACCIDENTAL		
Precauciones personales, equipo de protección y procedimientos de emergencia		
Precauciones personales	:	Evacuar el personal a zonas seguras. Ventile el área, especialmente los lugares bajos o encerrados en donde los vapores pesados pudieran acumularse. Consultar las medidas de protección en las listas de las secciones 7 y 8.
Precauciones relativas al medio ambiente		
Precauciones relativas al medio ambiente	:	No debe liberarse en el medio ambiente.
Métodos y material de contención y de limpieza		
Métodos de limpieza	:	Se evapora.

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD De acuerdo al Reglamento (CE) n° 1907/2006 y 453/2010		
DuPont™ SUVA® 407C refrigerant		
Versión 3.0 Fecha de revisión 12.05.2011		Ref.130000000517
Referencia a otras secciones no aplicable		
7. MANIPULACIÓN Y ALMACENAMIENTO		
Precauciones para una manipulación segura		
Consejos para una manipulación segura	:	Evitar respirar los vapores o la niebla. Evitar el contacto con la piel, ojos y ropa. Disponer de la suficiente renovación del aire y/o de extracción en los lugares de trabajo. Equipo de protección individual, ver sección 8.
Indicaciones para la protección contra incendio y explosión	:	No se requieren medidas de protección especiales contra el fuego.
Condiciones de almacenamiento seguro, incluidas posibles incompatibilidades		
Exigencias técnicas para almacenes y recipientes	:	No arrastre, no resbale ni ruede los cilindros. Nunca intente levantar el cilindro por su tapa. Utilice una válvula de retención o atraparla (escape, sifón trampa interceptor) en la línea de descarga para prevenir flujo trasero peligroso hacia el cilindro. Consérvese a una temperatura no superior a 52 °C. Cerrar los recipientes herméticamente y mantenerlos en lugar seco, fresco y bien ventilado. Almacenar en envase original. Proteger contra la contaminación.
Indicaciones para el almacenamiento conjunto	:	Ningún material a mencionar especialmente.
Temperatura de almacenamiento	:	< 52 °C
Usos específicos finales sin datos disponibles		
8. CONTROLES DE EXPOSICIÓN/ PROTECCION INDIVIDUAL		
Parámetros de control Si la sub-sección está vacía entonces ningún valor es aplicable. Nivel sin efecto derivado		
<ul style="list-style-type: none"> ● Difluorometano 	:	Tipo de Aplicación (Uso): Trabajadores Vía de exposición: Inhalación Health Effect: Efectos crónicos, Toxicidad sistémica Valor: 7 035 mg/m3
	:	Tipo de Aplicación (Uso): Consumidores Vía de exposición: Inhalación Health Effect: Efectos crónicos, Toxicidad sistémica Valor: 750 mg/m3
<ul style="list-style-type: none"> ● Pentafluoroetano 	:	Tipo de Aplicación (Uso): Trabajadores Vía de exposición: Inhalación Health Effect: Efectos crónicos, Toxicidad sistémica Valor: 16 444 mg/m3

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

De acuerdo al Reglamento (CE) n° 1907/2006 y 453/2010



DuPont™ SUVA® 407C refrigerant

Versión 3.0

Fecha de revisión 12.05.2011

Ref.130000000517


- : Tipo de Aplicación (Uso): Consumidores
Vía de exposición: Inhalación
Health Effect: Efectos crónicos, Toxicidad sistemática
Valor: 1 753 mg/m3
- 1,1,1,2-Tetrafluoroetano : Tipo de Aplicación (Uso): Trabajadores
Vía de exposición: Inhalación
Health Effect: Efectos crónicos, Toxicidad sistemática
Valor: 13 936 mg/m3
- : Tipo de Aplicación (Uso): Consumidores
Vía de exposición: Inhalación
Health Effect: Efectos crónicos, Toxicidad sistemática
Valor: 2 476 mg/m3

Concentración prevista sin efecto

- Difluorometano : Valor: 0,142 mg/l
Compartimiento: Agua dulce
- : Valor: 1,42 mg/l
Compartimiento: Agua
Observaciones: Uso intermitente/emisiones
- : Valor: 0,534 mg/kg
Compartimiento: Sedimento de agua dulce
- Pentafluoroetano : Valor: 0,1 mg/l
Compartimiento: Agua dulce
- : Valor: 1 mg/l
Compartimiento: Agua
Observaciones: Uso intermitente/emisiones
- : Valor: 0,6 mg/kg
Compartimiento: Sedimento de agua dulce
- 1,1,1,2-Tetrafluoroetano : Valor: 0,1 mg/l
Compartimiento: Agua dulce
- : Valor: 0,01 mg/l
Compartimiento: Agua de mar
- : Valor: 1 mg/l
Compartimiento: Agua
Observaciones: Uso intermitente/emisiones
- : Valor: 0,75 mg/kg
Compartimiento: Sedimento de agua dulce
- : Valor: 73 mg/l
Compartimiento: Agua
Observaciones: Plantas de tratamiento de aguas residuales

Controles de la exposición

DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO EN FRÍO PARA LA ESTABILIZACIÓN DE VINOS

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD		
De acuerdo al Reglamento (CE) n° 1907/2006 y 453/2010		
DuPont™ SUVA® 407C refrigerant		
Versión 3.0		Ref.130000000517
Fecha de revisión 12.05.2011		
Disposiciones de ingeniería	: Asegurarse de una ventilación adecuada, especialmente en locales cerrados. Debe ser utilizado un extractor local cuando se liberan grandes cantidades.	
Protección de los ojos	: Gafas protectoras con cubiertas laterales Adicionalmente utilice un protector para la cara, donde exista la posibilidad de contacto por salpicaduras, rociaduras o el contacto por suspensión en el aire con este material.	
Protección de las manos	: Material: Guantes resistentes al calor	
Protección de la piel y del cuerpo	: indumentaria impermeable	
Medidas de protección	: No fumar durante su utilización.	
Medidas de higiene	: Manipular con las precauciones de higiene industrial adecuadas, y respetar las prácticas de seguridad.	
Protección respiratoria	: Para rescatar y para trabajo de mantenimiento en tanques, utilice equipo respiratorio autónomo. Los vapores son más pesados que el aire y pueden producir asfixia al reducir el oxígeno en el aire respirado.	
9. PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS		
Información sobre propiedades físicas y químicas básicas		
Estado físico	: Gas licuado	
Color	: incoloro	
Olor	: ligero, similar al éter	
Punto de ebullición	: -43,6 °C	
Punto de inflamación	: no se inflama	
Temperatura de ignición	: 685 °C	
Presión de vapor	: 11 903 hPa a 25 °C : 21 860 hPa a 50 °C	
Densidad	: 1,136 g/cm ³ a 25 °C, (como líquido) : 0,0042 g/cm ³ a 25 °C (1 013 hPa)	
Solubilidad en agua	: (valor) no determinado	
Información adicional		
sin datos disponibles		
10. ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD		

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

De acuerdo al Reglamento (CE) n° 1907/2006 y 453/2010



DuPont™ SUVA® 407C refrigerant

Versión 3.0

Fecha de revisión 12.05.2011

Ref.130000000517

Reactividad	: Se descompone al calentar.
Estabilidad química	: El producto es químicamente estable.
Posibilidad de reacciones peligrosas	: Estable a temperaturas y condiciones de almacenamiento normales.
Condiciones que deben evitarse	: El producto no es inflamable en el aire, en condiciones ambientales adecuadas de temperatura y presión. Cuando se presuriza con aire u oxígeno, la mezcla puede volverse inflamable. Ciertas mezclas de HCFCs o HFCs con cloro pueden llegar a inflamarse o reaccionar bajo ciertas condiciones.
Materiales incompatibles	: Metales alcalinos Metales alcalinotérreos Metales en polvo Sales metálicas en polvo
Productos de descomposición peligrosos	: Productos peligrosos de la descomposición térmica: Óxidos de carbono Fluoruro de hidrógeno fluoruro de carbonilo Hidrocarburos fluorados

11. INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA

Información sobre los efectos tóxicos

Toxicidad oral aguda

- Difluorometano
no aplicable
- Pentafluoroetano
no aplicable
- 1,1,1,2-Tetrafluoroetano
no aplicable

Toxicidad aguda por inhalación

- Difluorometano
CL50 / rata >: 520 000 ppm

/ perro
Not a cardiac sensitizer.
- Pentafluoroetano
CL50 / rata >: 800 000 ppm

/ perro
Sensibilización cardíaca
- 1,1,1,2-Tetrafluoroetano
CL50 / rata :567 000 ppm

/ perro
Sensibilización cardíaca

- *Poliestireno*



Ficha de datos de seguridad
The Dow Chemical Company

Nombre del producto: ROOFMATE(TM) SL-A Extruded
Polystyrene Foam

Fecha de revisión:
2008/11/19
Fecha de Impresión: 29 Sep
2009

The Dow Chemical Company le ruega que lea atentamente esta ficha de seguridad (FDS) y espera que entienda todo su contenido ya que contiene información importante. Recomendamos que siga las precauciones indicadas en este documento, salvo que se produzcan condiciones de uso que precisen otros métodos ó acciones

1. Identificación de la sustancia/preparado y de la compañía

Nombre del producto
ROOFMATE(TM) SL-A Extruded Polystyrene Foam

Uso de la sustancia/preparación
Aislamiento térmico.

IDENTIFICACIÓN DE LA COMPAÑÍA.
The Dow Chemical Company
2030 Willard H. Dow Center
48674 Midland, MI
USA

Número de información para el cliente: 800-258-2436
Para preguntas sobre esta FDS, contacte: SDSQuestion@dow.com

NÚMERO TELEFÓNICO DE EMERGENCIA
Contacto de Emergencia 24 horas: 989-636-4400
Contacto Local para Emergencias: 00 34 977 55 1577

2. Identificación de riesgos

Este producto no está clasificado como peligroso según los criterios de la CE.

3. Composición/información sobre los componentes

Componente	Cantidad	Clasificación	CAS #	Número de la CE
1,2,5,6,9,10-Hexabromociclododecano (HBCD)	> 0,1 %	N: R50, R53	3194-55-6	221-695-9

4. Medidas de primeros auxilios

Contacto con los Ojos: Si se produce irritación, Lavar los ojos cuidadosamente con agua durante algunos minutos. Quitar las lentes de contacto después de los 1-2 minutos iniciales y seguir lavando unos minutos más. Si se observan efectos, consultar a un médico, preferiblemente un oftalmólogo.

Contacto con la piel: Lavar la piel con agua abundante.

Inhalación: Trasladar al afectado al aire libre. Si se producen efectos, consultar a un médico.

Ingestión: No es necesario un tratamiento médico de emergencia.

Advertencia médica: No hay antídoto específico. El tratamiento de la exposición se dirigirá al control de los síntomas y a las condiciones clínicas del paciente.

5. Medidas de lucha contra incendios

Medios de Extinción: Niebla o agua pulverizada/atomizada. Extintores de polvo químico. Extintores de anhídrido carbónico. Espuma.

Procedimientos de lucha contra incendios: Mantener a las personas alejadas. Circunscribir el fuego e impedir el acceso innecesario. Humedecer bien con agua para que se enfríe y evitar que vuelva a incendiarse. Si el material está fundido, no aplicar chorro de agua directo. Usar agua finamente pulverizada o espuma. Enfriar los alrededores con agua para localizar la zona de fuego.

Equipo de Protección Especial para Bomberos: Utilice un equipo de respiración autónomo de presión positiva y ropa protectora contra incendios (incluye un casco contra incendios, chaquetón, pantalones, botas y guantes). Si el equipo protector de incendios no está disponible o no se utiliza, apague el incendio desde un sitio protegido o a una distancia de seguridad.

Riesgos no usuales de Fuego y Explosión: El corte, trituración o sierra mecánica pueden causar la formación de polvos. Para reducir el potencial explosivo del polvo, no debe permitirse que el polvo se acumule. Este producto contiene un retardante de llama para inhibir una ignición accidental por pequeñas fuentes de ignición. Este producto de espuma plástica es combustible y debería estar protegido contra las llamas y otras fuentes de calor intenso. Para más información, ponerse en contacto con Dow. Al ser incinerado, el producto desprenderá humo denso.

Productos de combustión peligrosos: Durante un incendio, el humo puede contener el material original junto a productos de la combustión de composición variada que pueden ser tóxicos y/o irritantes. En condiciones de ignición o llamas, se generará monóxido de carbono, dióxido de carbono y carbono. Los productos de la combustión pueden incluir, pero no exclusivamente: Bromuro de hidrogeno. Según los ensayos sobre la toxicidad de la combustión, los efectos de la combustión de esta espuma no son más agudamente tóxicos que los efectos de la combustión de los materiales comunes usados en la construcción como la madera.

6. Medidas en caso de vertido accidental

Pasos que deben tomarse si el material es liberado o derramado: Si es posible, recuperar el producto derramado. Ver Sección 13, Consideraciones relativas a la eliminación, para información adicional.

Precauciones individuales: No hay instrucciones especiales requeridas

Protección del medio ambiente: No hay instrucciones especiales requeridas

7. Manipulación y almacenamiento

Manipulación

Manejo General: Los métodos de fabricación que comportan el corte de este producto pueden liberar el(los) agente(s) de expansión que permanece en las celdas. Suministrar una ventilación adecuada para asegurar que las concentraciones localizadas en las áreas en donde se produce la liberación del agente, se mantienen por debajo del límite de inflamabilidad. El corte, trituración o sierra mecánica

pueden causar la formación de polvos. Para reducir el potencial explosivo del polvo, no debe permitirse que el polvo se acumule. Este producto es combustible y puede presentar un peligro de incendio si se instala o se utiliza inadecuadamente. Este producto deberá protegerse adecuadamente según las regulaciones nacionales de construcción o las instrucciones en el folleto de aplicaciones específicas.

Almacenamiento

No exponer este material a llamas u otras fuentes de ignición durante el traslado, almacenaje, instalación y uso. Este material contiene un aditivo retardante de llama halogenada para prevenir un incendio accidental provocado por pequeñas fuentes de ignición.

8. Controles de la exposición/protección personal

Límites de exposición

Ninguno establecido.

Se espera que las concentraciones de agentes espumantes durante la utilización correcta, e incluso incidentalmente incorrecta del producto, estén muy por debajo de las que causan efectos agudos por inhalación y por debajo de los índices de exposición.

Protección Personal

Protección de ojos/cara: Una protección ocular no debería ser necesaria. Las gafas de seguridad son recomendadas para las operaciones de fabricación. Las gafas de seguridad deberían seguir la norma EN 166 o equivalente. Si existe la posibilidad de que una exposición a las partículas pueda causar molestias a los ojos, use gafas tipo motorista (goggles). Las gafas de protección química (tipo motorista o "goggles") deberán cumplir la norma EN 166 o equivalente.

Protección Cutánea: No son necesarias precauciones especiales, aparte de llevar ropa limpia que cubra todo el cuerpo.

Protección de las manos: Usar guantes para protegerse contra lesiones mecánicas. La selección de los guantes dependerá del trabajo.

Protección respiratoria: Una protección respiratoria debería ser usada cuando existe el potencial de sobrepasar los límites de exposición requeridos o guías. En el caso de que no existan guías o valores límites de exposición requeridos aplicables, use protección respiratoria cuando los efectos adversos, tales como irritación respiratoria o molestias hayan sido manifestadas, o cuando sea indicado por el proceso de evaluación de riesgos. Cuando la protección respiratoria es requerida para algunas operaciones, incluyendo pero no limitándose a operaciones de sierra, fresa o corte de cable caliente, usar un respirador purificador de aire que sea aprobado. Usar el respirador purificador de aire homologado por la CE siguiente: Cartucho para vapor orgánico con un pre filtro para partículas, tipo AP2

Ingestión: No es necesario tomar precauciones debido a las propiedades físicas del producto.

Medidas de Orden Técnico

Ventilación: Usar ventilación local de extracción, u otros controles técnicos para mantener los niveles ambientales por debajo de los límites de exposición requeridos o guías. En el caso de que no existieran límites de exposición requeridos aplicables o guías, una ventilación general debería ser suficiente para la mayor parte de operaciones. Puede ser necesaria la ventilación local en algunas operaciones.

9. Propiedades físicas y químicas

Estado Físico	Tabla
Color	azul
Olor	Inodoro
Punto de Inflamación - Closed Cup	346 °C <i>Bibliografía</i>
Límites de Inflamabilidad en el Aire	Inferior: No aplicable

Temp. de auto-ignición:	Superior: No aplicable 491 °C <i>Bibliografía</i>
Presión de vapor:	No aplicable
Punto de ebullición (760 mmHg)	No aplicable.
Densidad de vapor (aire=1):	No aplicable
Peso específico (H ₂ O = 1)	No aplicable
Densidad del Sólido	20 - 70 kg/m ³ <i>Bibliografía</i>
Punto de congelación	No aplicable
Punto de fusión	> 75 °C <i>Bibliografía</i>
Solubilidad en el Agua (en peso)	insoluble en agua.
pH:	No aplicable
Temp. de descomposición	No se disponen de datos de ensayo
Viscosidad Cinemática	No aplicable

10. Estabilidad y reactividad

Estabilidad / Inestabilidad

Térmicamente estable a temperaturas normales de utilización

Condiciones a Evitar: Evitar las temperaturas superiores a 300°C (572°F). La exposición a temperaturas elevadas puede originar la descomposición del producto. Evitar la luz solar directa.

Materiales Incompatibles: Evitar el contacto con: Oxidantes. Aldehídos. Aminas. Esteres. Combustibles líquidos. Disolventes orgánicos.

Polimerización Peligrosa

No ocurrirá.

Descomposición Térmica

Normalmente no se descompone. Cuando el producto se calienta a temperaturas superiores a 250°C (482°F), se desprenden pequeñas cantidades de haluros de hidrógeno. Los productos de descomposición dependen de la temperatura, el suministro de aire y la presencia de otros materiales. Los productos de descomposición pueden incluir, sin limitarse a: Compuestos aromáticos. Aldehídos. Etilbenceno. Bromuro de hidrogeno. Fragmentos de polímero. A temperaturas muy altas, en condiciones que no produzcan llamas, se generan pequeñas cantidades de hidrocarburos aromáticos tales como el estireno y el etilbenceno.

11. Información toxicológica

Toxicidad aguda

Ingestión

La ingestión no es probable debido a su estado físico. Toxicidad por vía oral muy baja. No se prevén efectos nocivos por ingestión de cantidades pequeñas.

Contacto con los Ojos

Sólido o polvo pueden causar irritación por acción mecánica. Los humos/vapores liberados durante operaciones térmicas como cortado con alambre caliente pueden causar irritación ocular.

Contacto con la piel

Lesión mecánica solamente. Esencialmente no irritante para la piel.

Absorción por la Piel

Una absorción cutánea es improbable debido a las propiedades físicas del producto.

Inhalación

El polvo puede irritar el tracto respiratorio superior (nariz y garganta). Los humos/vapores liberados durante operaciones térmicas como cortado con alambre caliente pueden causar irritación respiratoria.

Los aditivos están encapsulados en el producto y no se espera que se liberen en condiciones normales de procesado o en emergencias previsibles.

Toxicidad Crónica y Carcinogénesis

No se ha encontrado información significativa.

Toxicidad en el Desarrollo

No se ha encontrado información significativa.

Toxicidad Reproductiva

No se ha encontrado información significativa.

Toxicidad Genética

No se ha encontrado información significativa.

12. Información ecológica

DESTINO EN EL MEDIOAMBIENTE

Movimiento y Reparto

No se prevé bioconcentración debido a su elevado peso molecular ($PM > 1000$). En el medio ambiente terrestre, se espera que el material permanezca en el suelo. En medio ambiente acuático, se espera que el material flote.

Persistencia y Degradabilidad

Por exposición a la luz solar se espera una fotodegradación superficial. No se espera una biodegradación apreciable.

ECOTOXICIDAD

Este producto contiene una sustancia clasificada como peligrosa para el medio ambiente. No obstante estudios recientes sobre organismos acuáticos han demostrado que los artículos como las Espumas de polistireno extrusado (XPS), a pesar de contener esta sustancia, no requieren una clasificación de peligro para el medio ambiente.

13. Consideraciones relativas a la eliminación

Se deben hacer todos los esfuerzos posibles para reciclar el material. Sin embargo, este producto contiene un sistema retardador de llama halogenado y no debería ser reciclado con otras materias plásticas que no contengan retardadores de llama. Este producto puede ser eliminado preferentemente por incineración en condiciones aprobadas o, en algunos países, en vertederos aprobados. Se aconseja a los clientes consultar las leyes vigentes relativas a la eliminación de excedentes. En caso de incineración, se recomienda que los gases desprendidos se depuren antes de ser enviados a la atmósfera.

DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO EN FRÍO PARA LA ESTABILIZACIÓN DE VINOS

- *Armaflex*

1 IDENTIFICACIÓN DE LA EMPRESA Y DEL PRODUCTO

Nombre comercial:	Adhesivo Armaflex 520
Uso:	Adhesivo Industrial
Proveedor:	ARMACELL IBERIA, S.L. Pol Ind. Riera d'Esclanyà, C/Can Magí 1 17213- Esclanyà - Begur (GIRONA) Tel. 972-613400 Fax.972-300608
Departamento de Información:	e-mail: info.es@armacell.es

2 INFORMACIÓN SOBRE LOS COMPONENTES

Tipo de producto	Preparado
Componentes peligrosos:	
Tolueno:	Concentración: < 15% Nº CAS: 108-88-3 Nº EINECS: 203-625-9 Símbolos de peligro: F, Xn Frasas R: 11, 20
Heptano:	Concentración: < 40% Nº CAS: 142-82-5 Nº EINECS: 205-563-8 Símbolos de peligro: F, Xn, N Frasas R: 11, 38, 50/53, 65, 67
Metiletilcetona	Concentración: < 35% Nº CAS: 78-93-3 Nº EINECS: 201-159-0 Símbolos de peligro: F, Xi Frasas R: 11, 36, 66, 67

3 IDENTIFICACIÓN DE LOS RIESGOS

Nocivo por inhalación	
Nocivo:	Si se ingiere puede causar daño pulmonar
Por contacto/ojo	Irritación
Por contacto/piel	Irritación. La exposición repetida puede provocar sequedad o formación de grietas en la piel
Muy tóxico para los organismos acuáticos	Puede provocar a largo plazo efectos negativos en el medio ambiente acuático

4 PRIMEROS AUXILIOS

Contacto con los ojos:	Lavar abundantemente con agua. Si la irritación persiste acudir al médico
Contacto con la piel:	Lavar la zona afectada abundantemente con agua y jabón
Ingestión	En el caso de ingestión no provocar el vómito: acúdase inmediatamente al médico y muéstrele la etiqueta o el envase
Inhalación:	Proporcionar aire limpio y fresco. Buscar atención médica

DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO EN FRÍO PARA LA ESTABILIZACIÓN DE VINOS

5 MEDIDAS DE LUCHA CONTRA INCENDIOS

Medios de extinción adecuados:	Espuma, polvo seco, dióxido de carbono
Riesgos especiales de exposición:	En la combustión el producto puede desprender humos tóxicos
Equipo de protección especial	No intervenir sin equipo de protección adecuado

6 MEDIDAS A TOMAR EN CASO DE VERTIDO ACCIDENTAL

Precauciones personales:	Alejar las fuentes de ignición. Prevenir la formación de polvo. Aportar suficiente ventilación. Proteger ojos y vías respiratorias
Precauciones para la protección del medio ambiente:	Evitar vertido en alcantarillas, drenajes, aguas superficiales y subterráneas y suelo
Métodos de limpieza:	Recoger con material absorbente. Lavar con agua. Almacenar en un contenedor adecuado para el reciclado o eliminación según disposiciones legales

7 MANIPULACIÓN Y ALMACENAMIENTO

Manipulación	Mantener el lugar de trabajo bien ventilado. Alejar fuentes de ignición. Mantener siempre los recipientes bien cerrados
Almacenamiento:	Almacenar en lugares secos y bien ventilados. Alejar fuentes de ignición

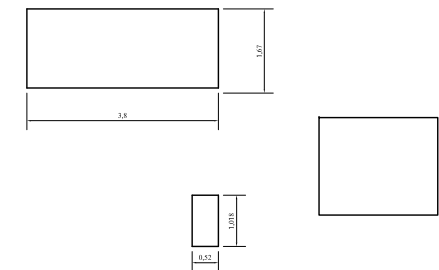
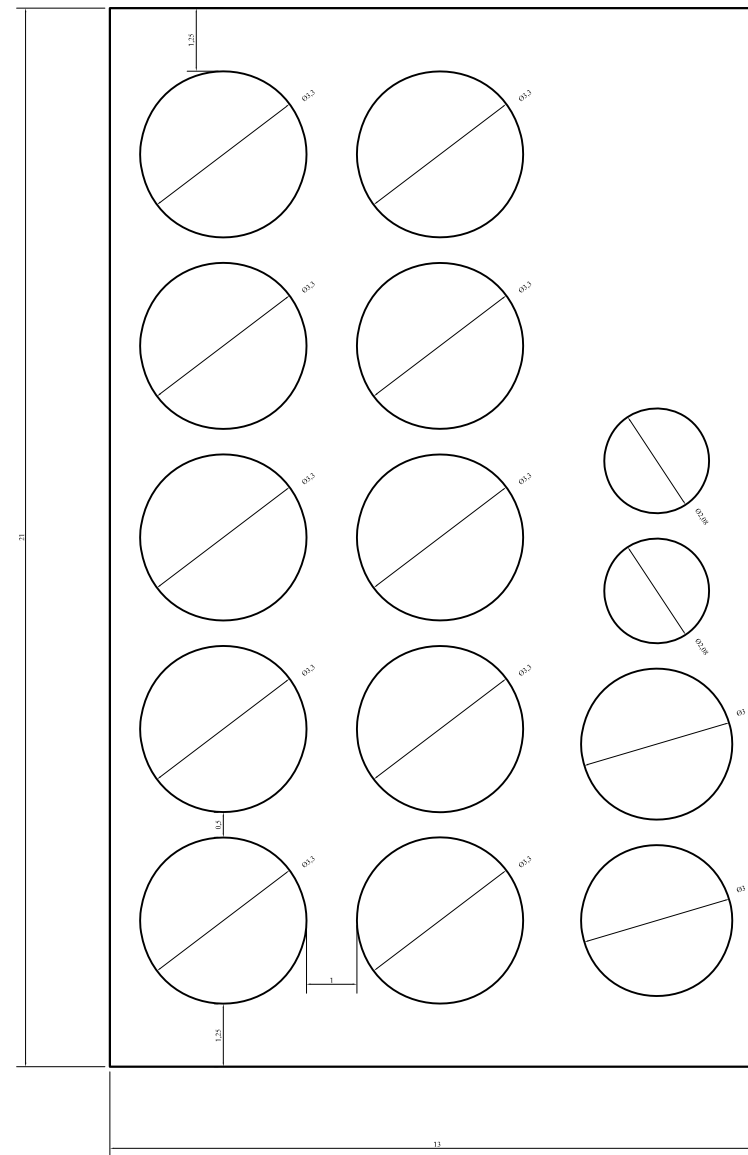
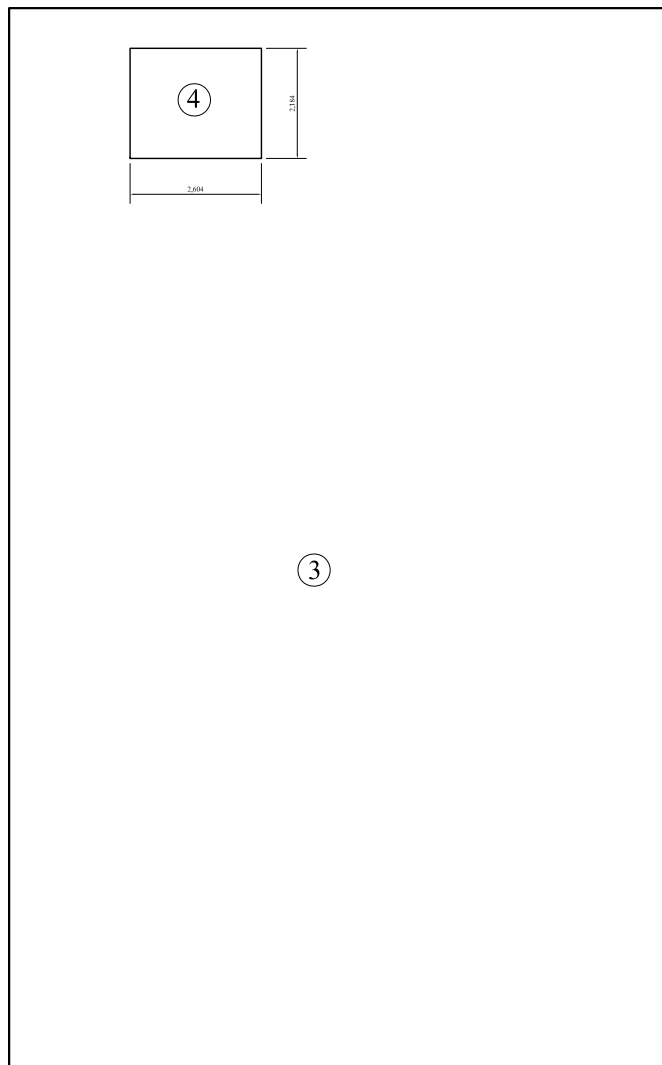
8 CONTROLES PARA LA PROTECCIÓN DEL PERSONAL

Componentes con valores límite a controlar en el lugar de trabajo:	
Tolueno:	Nº CAS: 108-88-3 Valores límite ambiental de exposición diaria: (VLA-ED) 50 ppm 191 mg/m ³
Heptano:	Nº CAS: 142-82-5 Valores límite ambiental de exposición diaria: (VLA-ED) 500 ppm 2085 mg/m ³
Metiletilcetona:	Nº CAS: 78-93-3 Valores límite ambiental de exposición diaria: (VLA-ED) 200 ppm 600 mg/m ³ Valores límite ambiental de exposición de corta duración: (VLA-EC) 300 ppm 900 mg/m ³
Medidas de Ingeniería:	Proveer una eficiente ventilación próxima al lugar de trabajo y una eficiente extracción global
Equipo de protección personal:	
Protección respiratoria:	En caso de ventilación insuficiente usar mascarilla apropiada con filtro de vapores orgánicos
Protección de manos:	Recomendable guantes para disolventes
Protección de ojos:	Gafas de protección
Protección de la piel:	Mono de trabajo
Medidas específicas de higiene	No comer, beber, fumar mientras se trabaja; antes de terminar, lavarse las manos. Cambiar ropa contaminada

DOCUMENTO N°2: PLANOS

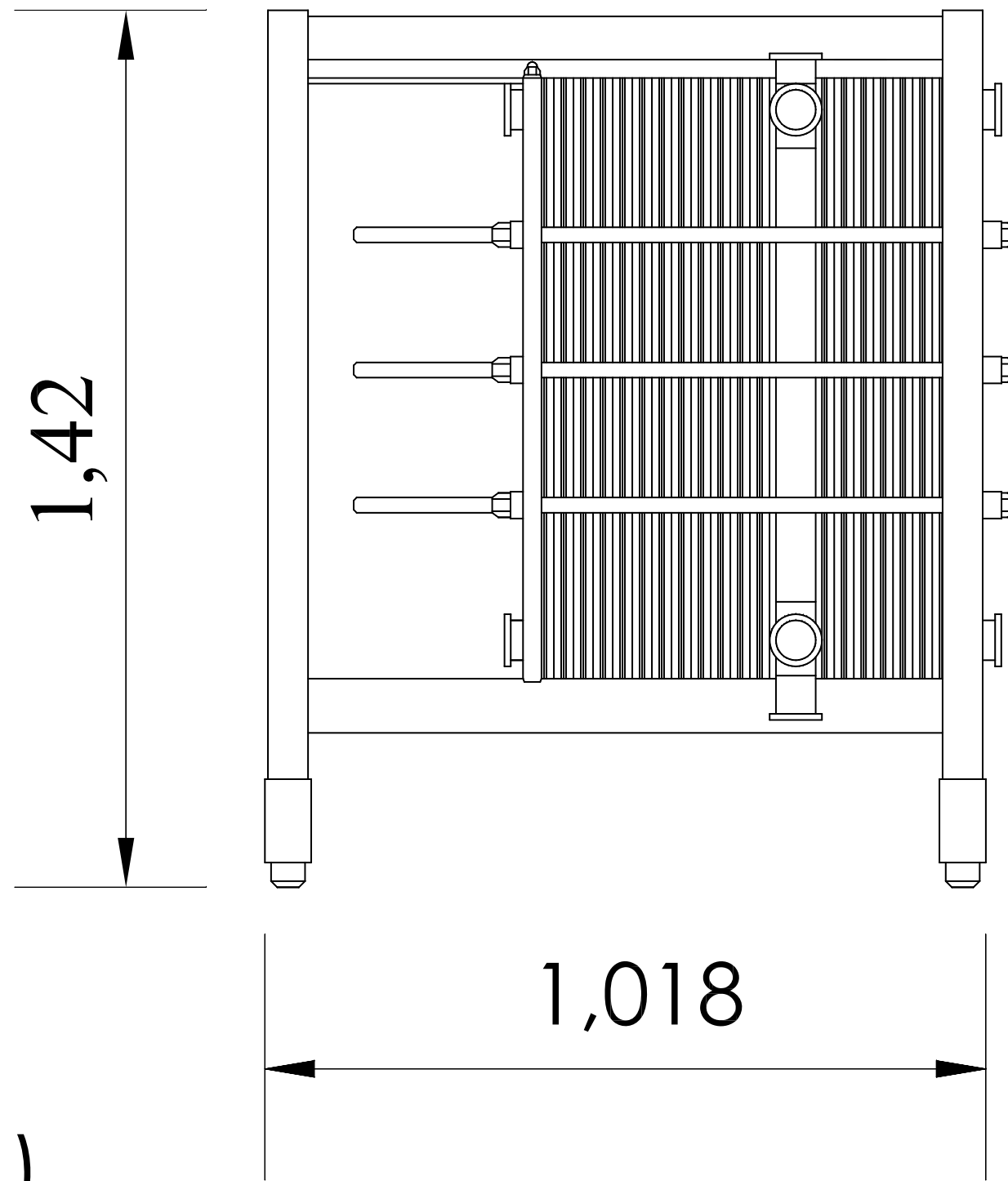
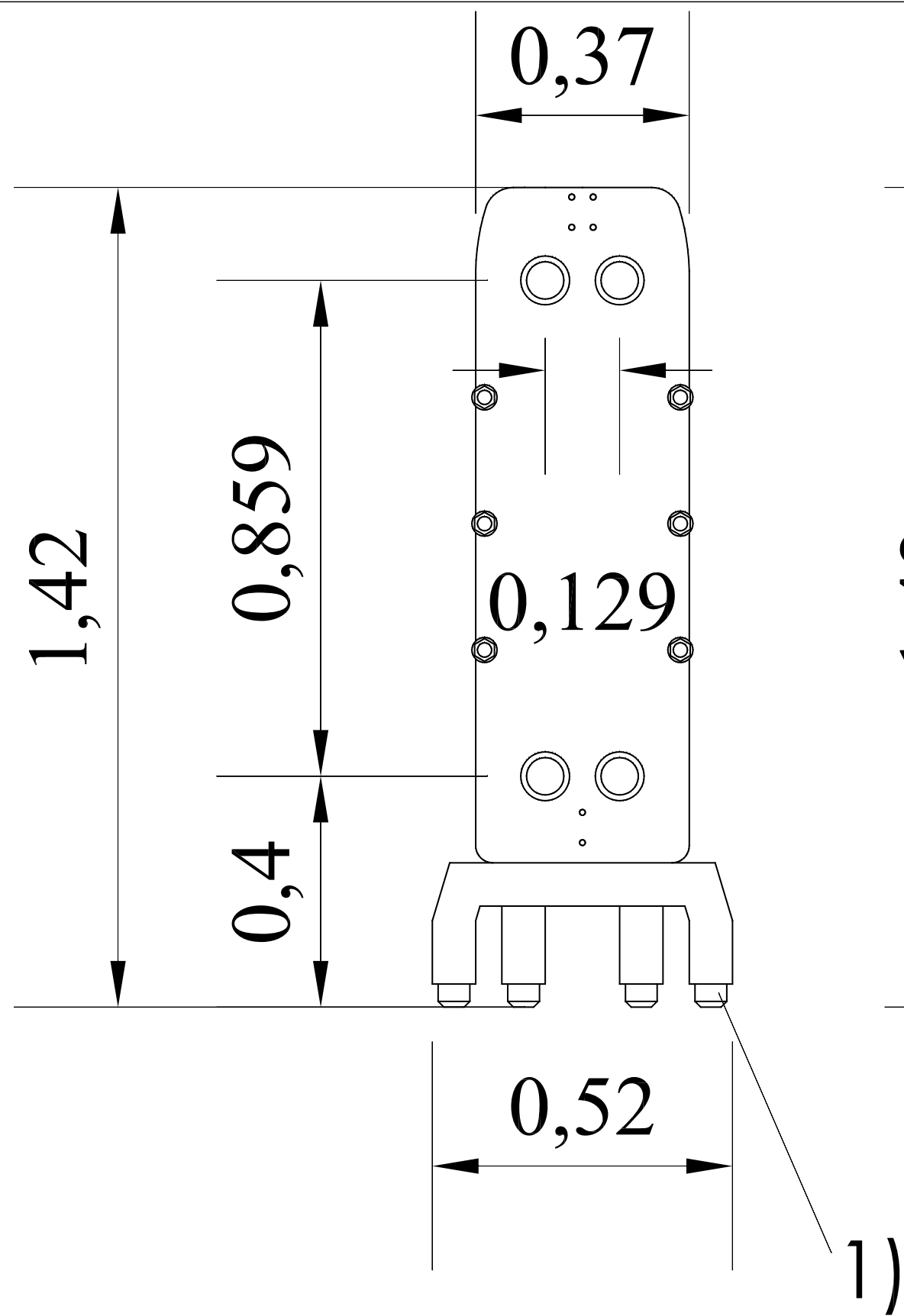
ÍNDICE

1. PLANO N°1: DISTRIBUCIÓN EN PLANTA.....	408
2. PLANO N°2:INTERCAMBIADOR DE CALOR DE PLACAS.....	409
3. PLANO N°3: INTERCAMBIADOR DE CALOR DE SUPERFICIE RASCADA.....	410
4. PLANO N°4: DEPÓSITO DE 60000 LITROS.....	411
5. PLANO N°5: DEPÓSITO DE 45000 LITROS.....	412
6. PLANO N°6: DEPÓSITO DE 15000 LITROS.....	413
7. PLANO N°7: DIAGRAMA DE IMPULSIÓN Y CONDUCCIÓN DE LA PLANTA.....	414
8. PLANO N°8: DIAGRAMA DE IMPULSIÓN Y CONDUCCIÓN DE LA PLANTA EN 3D.....	415



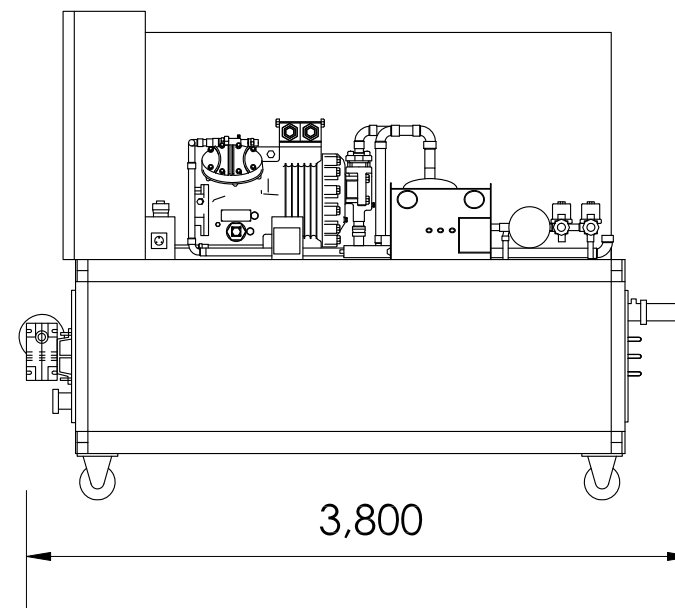
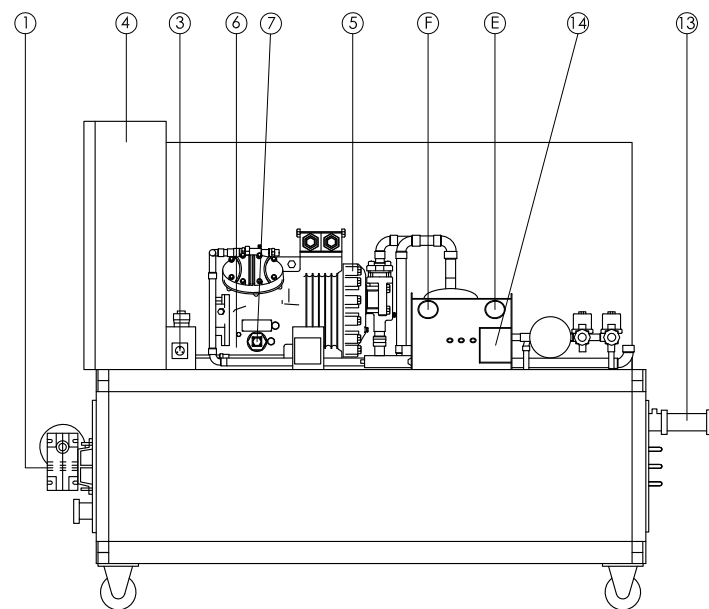
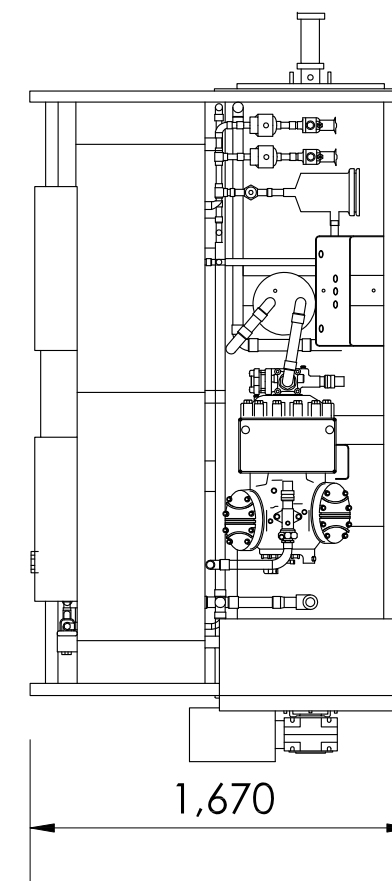
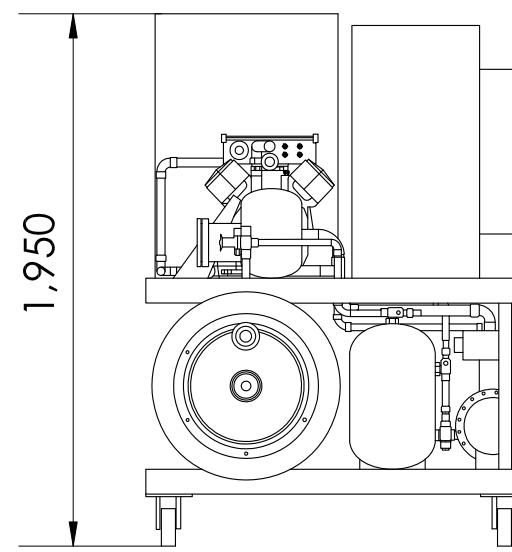
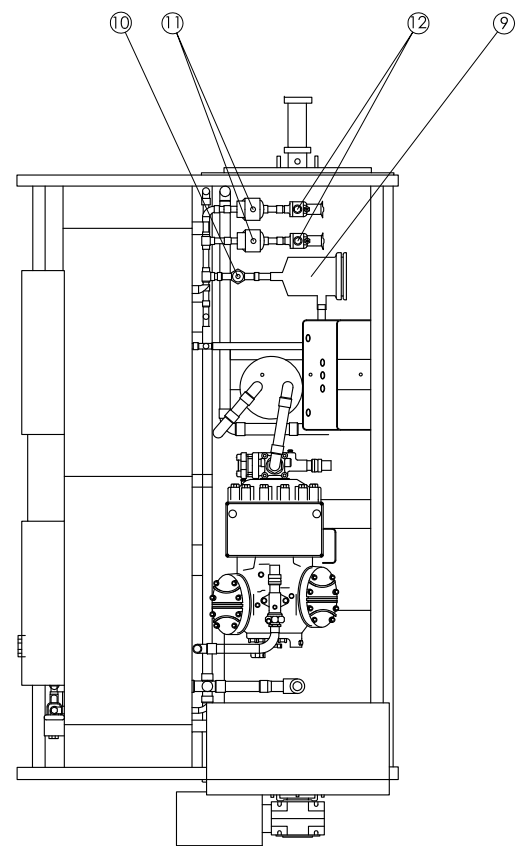
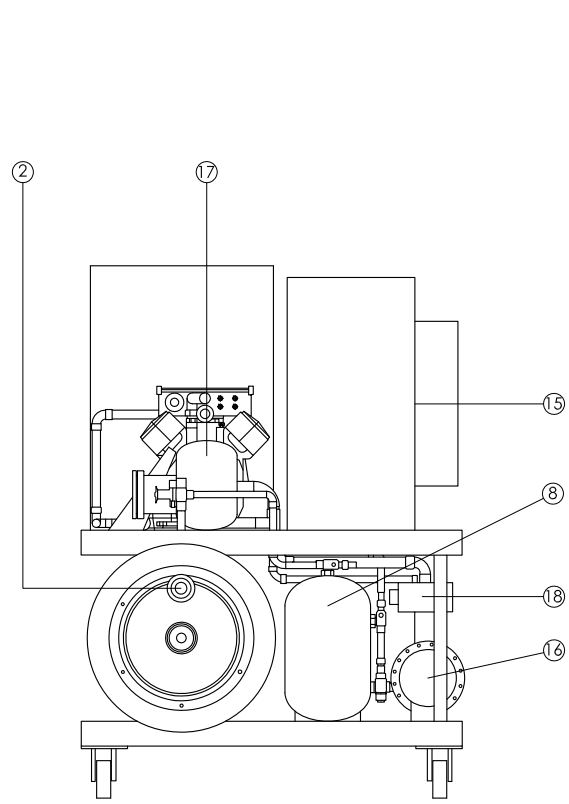
1	INTERCAMBIADOR DE CALOR DE PLACAS
2	INTERCAMBIADOR DE CALOR DE SUPERFICIE RASCADA
3	CÁMARA ISOTÉRMICA
4	EQUIPO FRIGORÍFICO
5	EQUIPO DE FILTRACIÓN

PROYECTO FIN DE CARRERA	FACULTAD DE CIENCIAS		
DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO EN FRÍO PARA LA ESTABILIZACIÓN DE VINOS			
Nº DE PLANO: 1: DISTRIBUCIÓN EN PLANTA			
AUTOR: JOSÉ MARÍA MORENO RODRÍGUEZ	FECHA: JULIO 2011	ESCALA: 1/150	FIRMA:



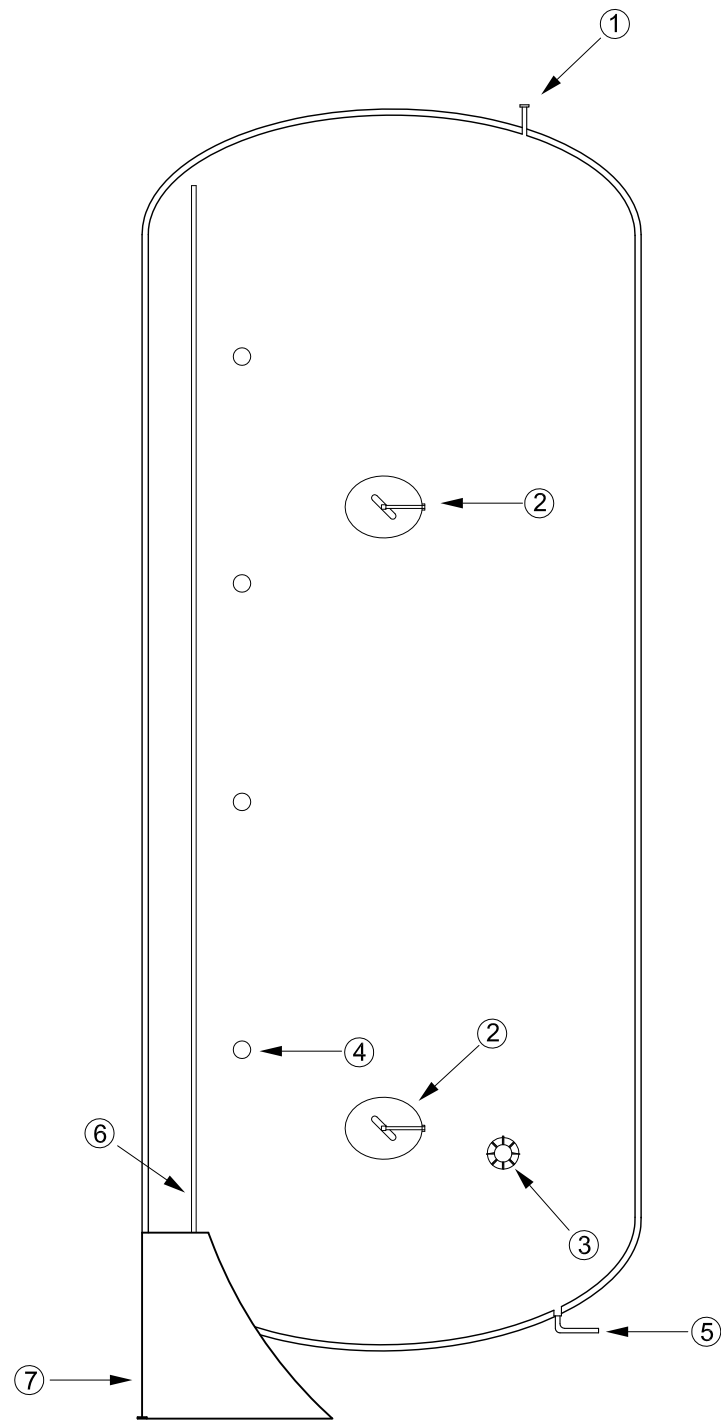
1) PIE AJUSTABLE ± 40 mm

PROYECTO FIN DE CARRERA	FACULTAD DE CIENCIAS		
DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO EN FRÍO PARA LA ESTABILIZACIÓN DE VINOS			
Nº DE PLANO: 2: INTERCAMBIADOR DE CALOR DE PLACAS			
AUTOR: JOSÉ MARÍA MORENO RODRÍGUEZ	FECHA: JULIO 2011	ESCALA: 1/10	FIRMA:

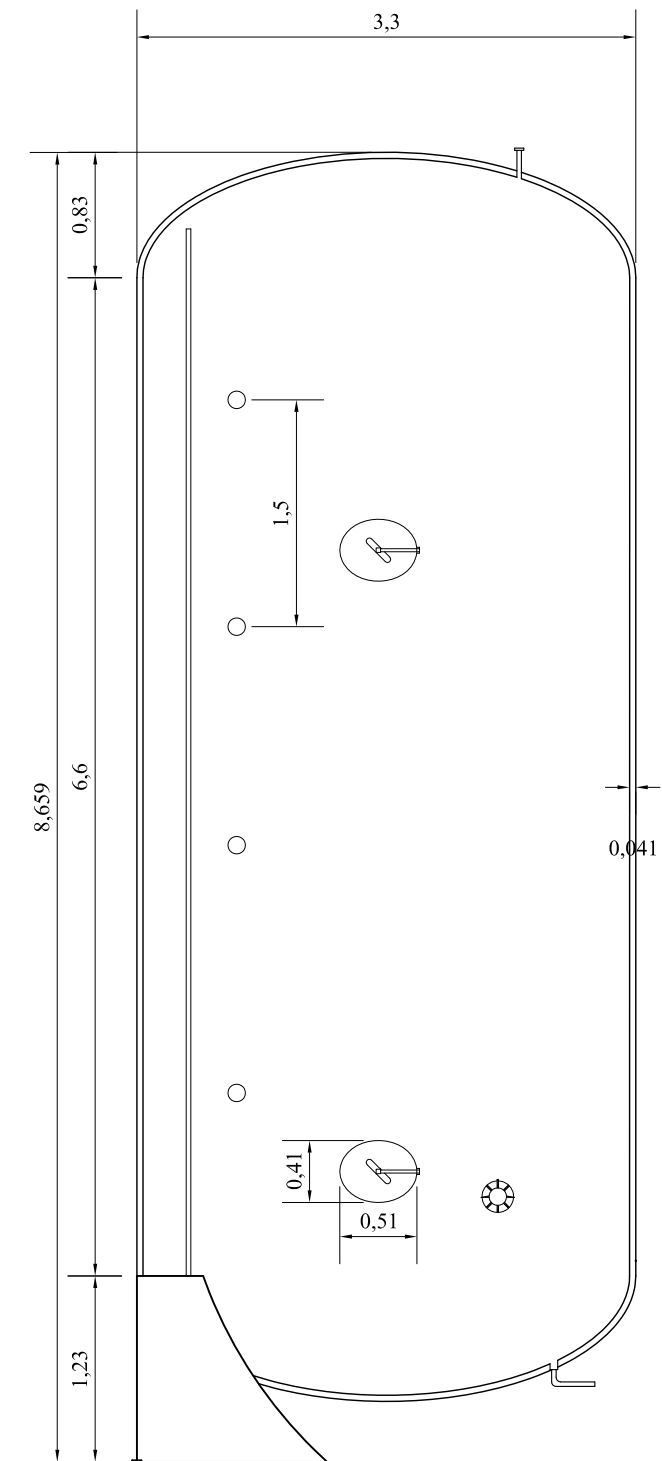


1	Motorreductor	12	Válvula termostática
2	Grifo	13	Mirilla
3	Toma para bomba de alimentación	14	Presostato doble
4	Cuadro eléctrico	15	Condensador y ventiladores
5	Compresor	16	Evaporador multitubular de envolvente
6	Recalentamiento de aceite	17	Separador de aceite
7	Indicador de aceite del compresor	18	Flujostato
8	Receptor de líquido	E	Manómetro AP
9	Filtro deshidratador	F	Manómetro BP
10	Indicador de líquido		
11	Electroválvula		

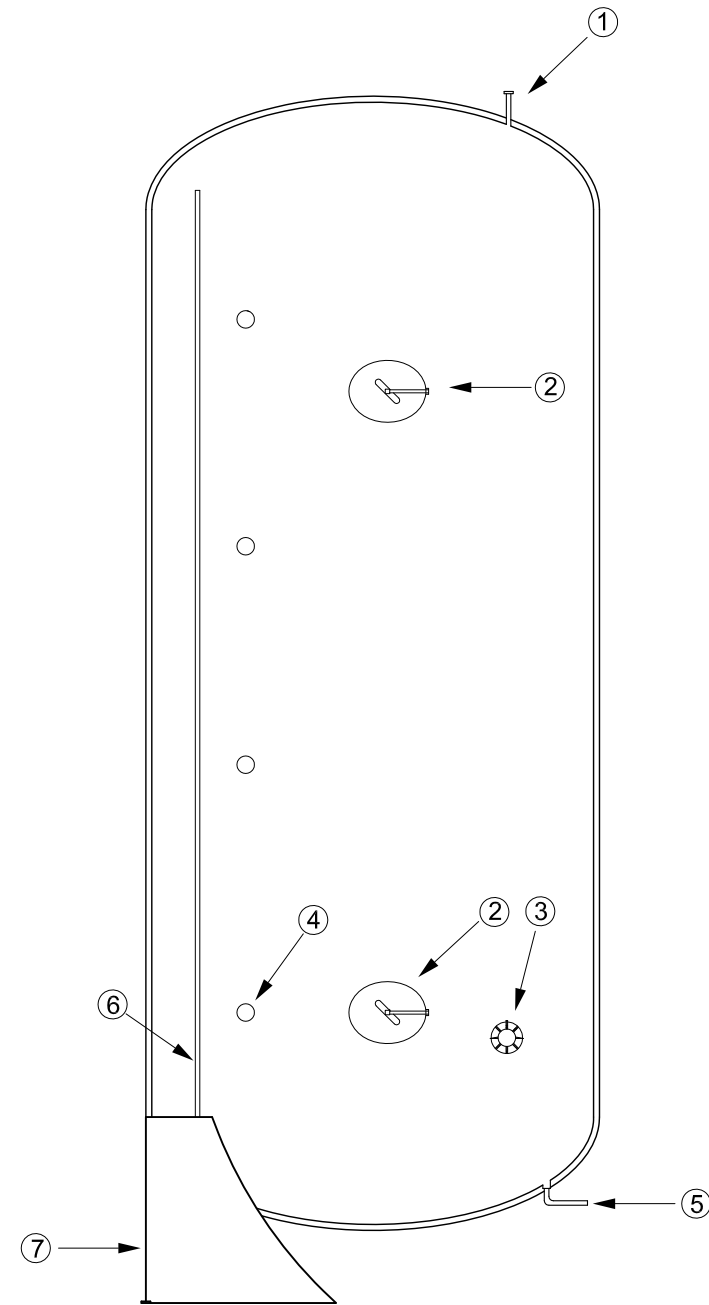
PROYECTO FIN DE CARRERA	FACULTAD DE CIENCIAS		
DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO EN FRÍO PARA LA ESTABILIZACIÓN DE VINOS			
Nº DE PLANO: 3: INTERCAMBIADOR DE CALOR DE SUPERFICIE RASCADA			
AUTOR: JOSÉ MARÍA MORENO RODRÍGUEZ	FECHA: JULIO 2011	ESCALA: 1/50	FIRMA:



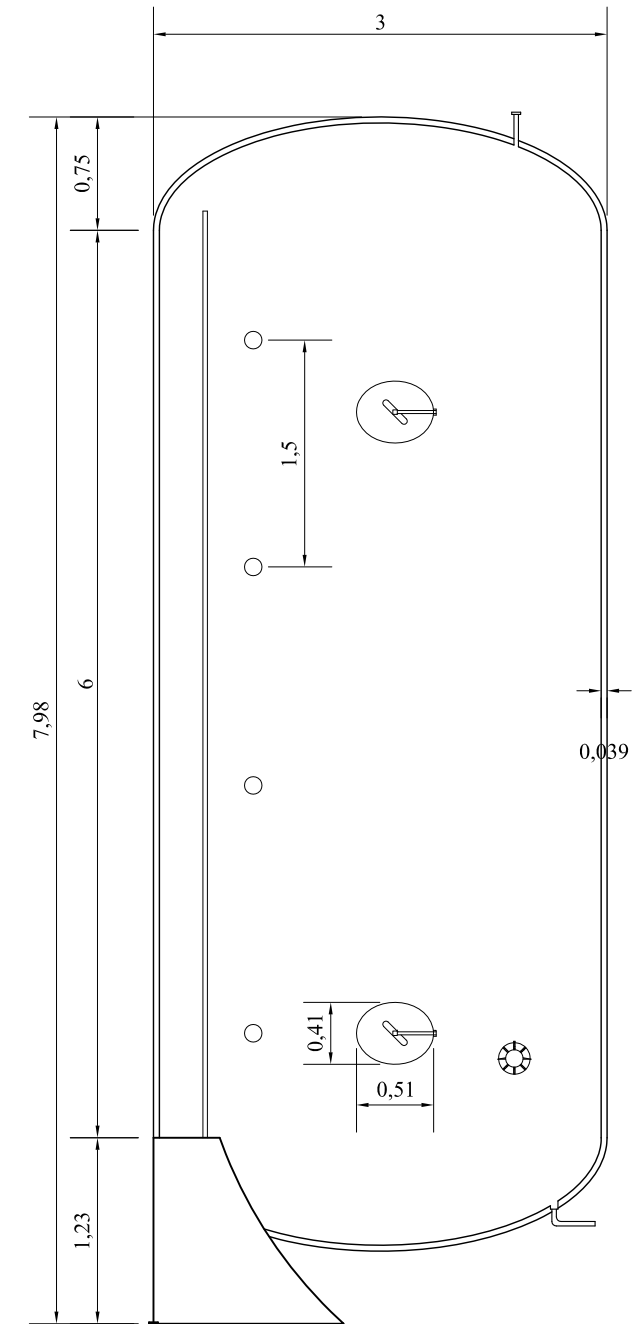
1	Boca de alivio
2	Boca hombre
3	Mirilla
4	Sacamuestras
5	Entrada/salida de Vino
6	Tubo de nivel
7	Faldón



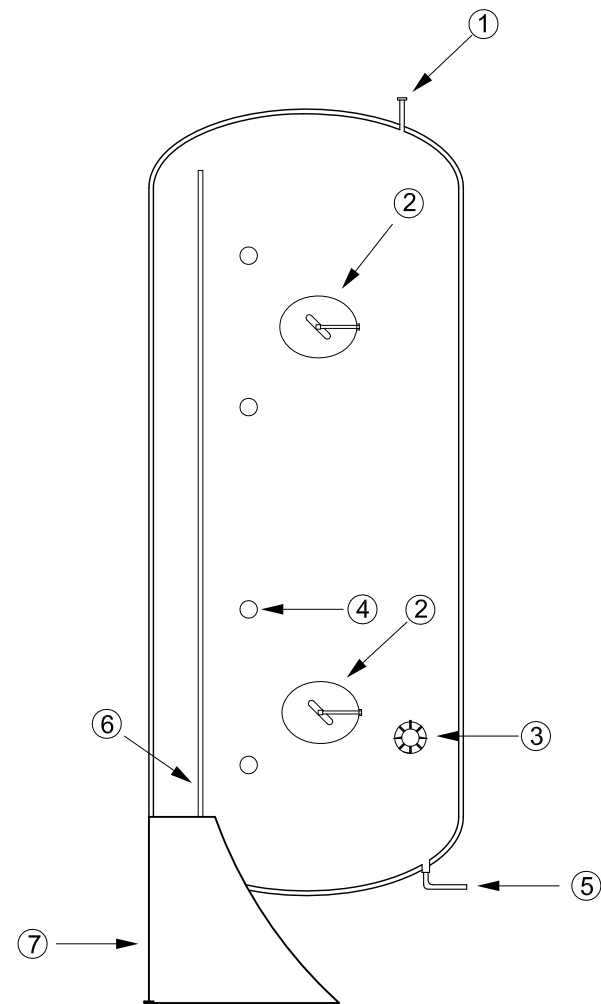
PROYECTO FIN DE CARRERA	FACULTAD DE CIENCIAS		
DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO EN FRÍO PARA LA ESTABILIZACIÓN DE VINOS			
Nº DE PLANO: 4: DEPÓSITO DE 60000 LITROS			
AUTOR: JOSÉ MARÍA MORENO RODRÍGUEZ	FECHA: JULIO 2011	ESCALA: 1/50	FIRMA:



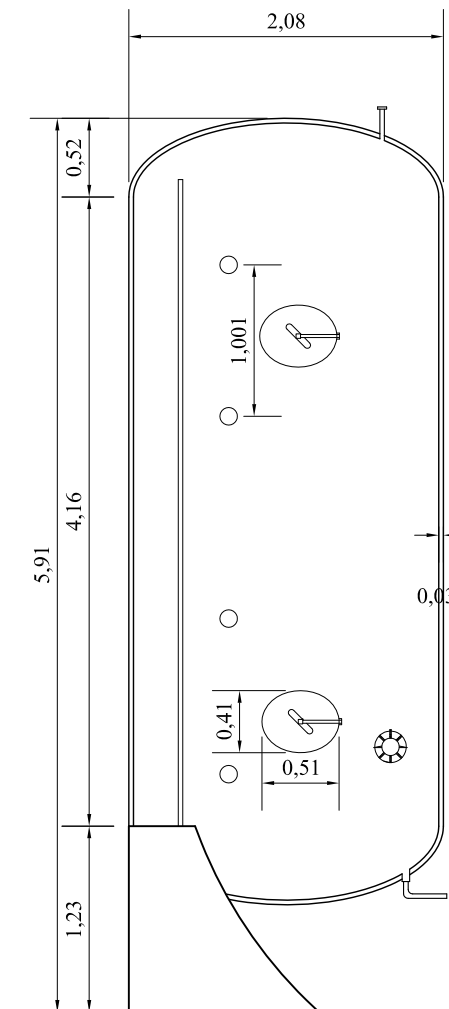
1	Boca de alivio
2	Boca hombre
3	Mirilla
4	Sacamuestras
5	Entrada/salida de Vino
6	Tubo de nivel
7	Faldón



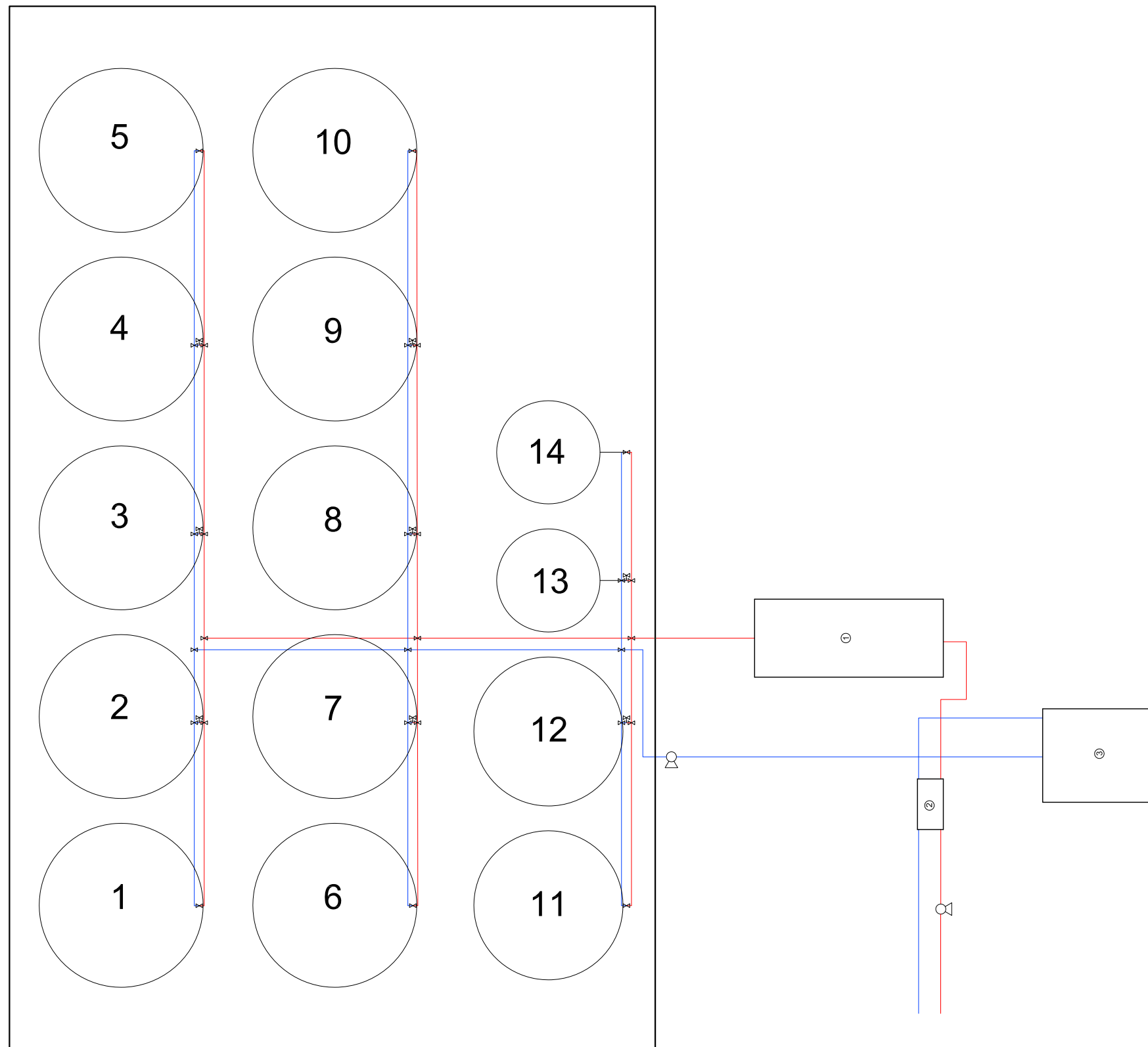
PROYECTO FIN DE CARRERA	FACULTAD DE CIENCIAS		
DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO EN FRÍO PARA LA ESTABILIZACIÓN DE VINOS			
Nº DE PLANO: 5: DEPÓSITO DE 45000 LITROS			
AUTOR: JOSÉ MARÍA MORENO RODRÍGUEZ	FECHA: JULIO 2011	ESCALA: 1/50	FIRMA:



1	Boca de alivio
2	Boca hombre
3	Mirilla
4	Sacamuestras
5	Entrada/salida de Vino
6	Tubo de nivel
7	Faldón

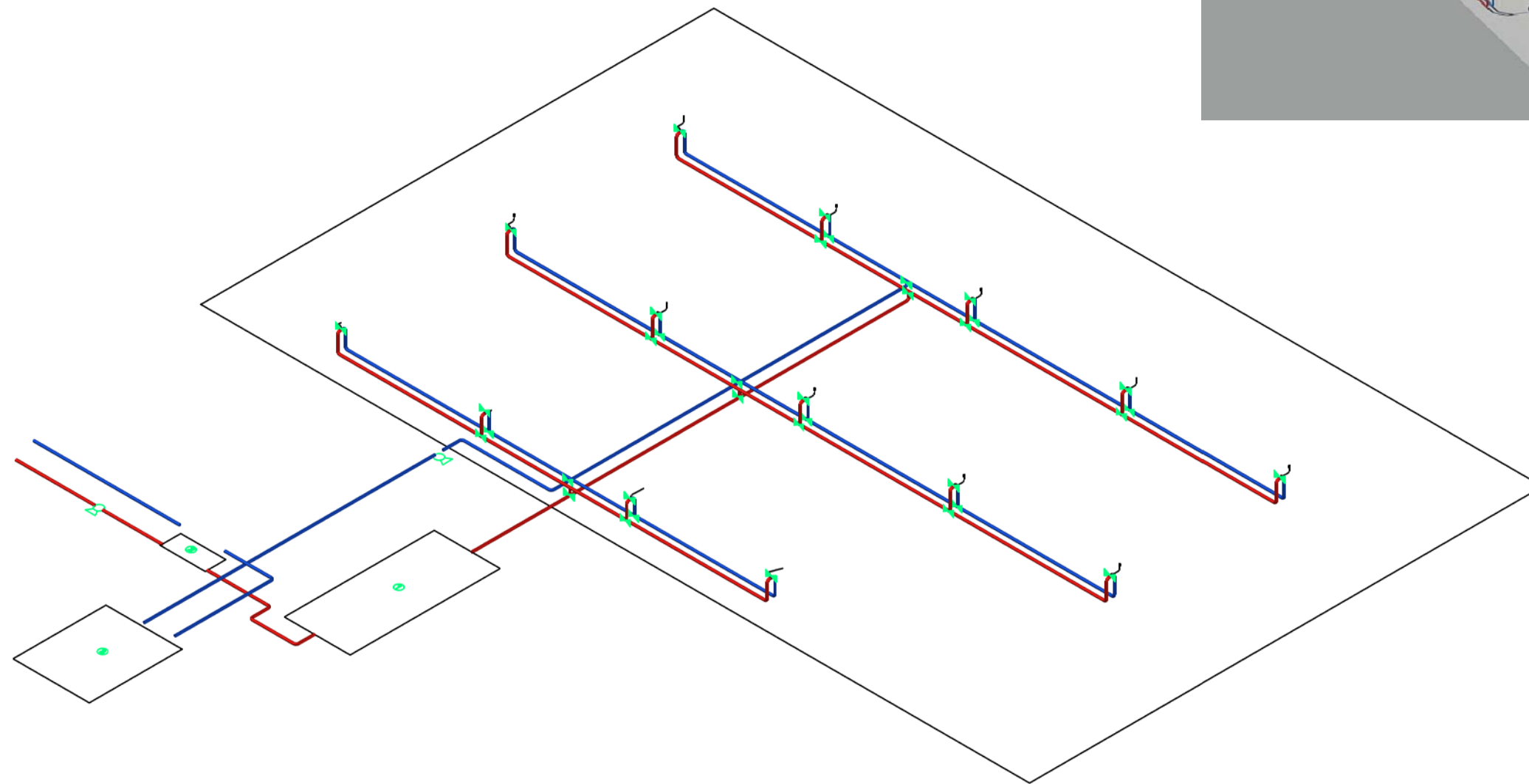


PROYECTO FIN DE CARRERA	FACULTAD DE CIENCIAS		
DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO EN FRÍO PARA LA ESTABILIZACIÓN DE VINOS			
Nº DE PLANO: 6: DEPÓSITO DE 15000 LITROS			
AUTOR: JOSÉ MARÍA MORENO RODRÍGUEZ	FECHA: JULIO 2011	ESCALA: 1/50	FIRMA:



1	INTERCAMBIADOR DE CALOR DE SUPERFICIE RASCADA
2	INTERCAMBIADOR DE CALOR DE PLACAS
3	EQUIPO DE FILTRACIÓN
	BOMBAS
	VÁLVULAS
	CONDUCCIÓN DEL VINO DE ENTRADA
	CONDUCCIÓN DEL VINO DE SALIDA
	CONDUCCIÓN DE CONEXIÓN DE DEPÓSITO A LA CONDUCCIÓN PRINCIPAL

PROYECTO FIN DE CARRERA	FACULTAD DE CIENCIAS		
DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO EN FRÍO PARA LA ESTABILIZACIÓN DE VINOS			
Nº DE PLANO: 7: DIAGRAMA DE IMPULSIÓN Y CONDUCCIÓN DE LA PLANTA			
AUTOR: JOSÉ MARÍA MORENO RODRÍGUEZ	FECHA: JULIO 2011	ESCALA: 1/100	FIRMA:



1	INTERCAMBIADOR DE CALOR DE SUPERFICIE RASCADA
2	INTERCAMBIADOR DE CALOR DE PLACAS
3	EQUIPO DE FILTRACIÓN
	BOMBAS
	VÁLVULAS
	CONDUCCIÓN DEL VINO DE ENTRADA
	CONDUCCIÓN DEL VINO DE SALIDA
	CONDUCCIÓN DE CONEXIÓN DE DEPÓSITO A LA CONDUCCIÓN PRINCIPAL

PROYECTO FIN DE CARRERA	FACULTAD DE CIENCIAS		
DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO EN FRÍO PARA LA ESTABILIZACIÓN DE VINOS			
Nº DE PLANO: 8: DIAGRAMA DE IMPULSIÓN Y CONDUCCIÓN DE LA PLANTA			
AUTOR: JOSÉ MARÍA MORENO RODRÍGUEZ	FECHA: JULIO 2011	ESCALA: 1/100	FIRMA:

DOCUMENTO N°3:
PLIEGO DE CONDICIONES

1. PLIEGO DE CONDICIONES GENERALES.....	420
1.1. DISPOSICIONES GENERALES.....	420
1.1.1. OBJETO DEL PLIEGO.....	420
1.1.2. DOCUMENTOS DEL PROYECTO.....	420
1.1.3. DESCRIPCIÓN DE LAS INSTALACIONES.....	421
1.1.4. DISPOSICIONES APLICABLES.....	421
1.1.5. CONTRADICCIONES.....	422
1.2. CONDICIONES FACULTATIVAS.....	422
1.2.1. DELIMITACIÓN GENERAL DE FUNCIONES TÉCNICAS.....	422
1.2.2. OBLIGACIONES Y DERECHOS GENERALES DEL CONSTRUCTOR O CONTRATISTA.....	424
1.2.3. PRESCRIPCIONES GENERALES RELATIVAS A LOS TRABAJOS, A LOS MATERIALES Y A LOS MEDIOS AUXILIARES.....	428
1.2.4. RECEPCIÓN PROVISIONAL.....	434
1.2.5. PLAZO DE GARANTÍA.....	434
1.2.6. RECEPCIÓN DEFINITIVA.....	435
1.3. CONDICIONES ECONÓMICAS.....	436
1.3.1. BASE FUNDAMENTAL.....	436
1.3.1.1. ALCANCE.....	436
1.3.1.2. BASE FUNDAMENTAL.....	436
1.3.2. FIANZAS.....	436
1.3.3. PENALIZACIONES Y BONIFICACIONES.....	437
1.3.4. LOS PRECIOS.....	438
1.3.4.1. PRECIOS UNITARIOS.....	438
1.3.4.2. PRECIOS CONTRADICTORIOS.....	438
1.3.4.3. RECLAMACIONES DE AUMENTO DE PRECIOS.....	439
1.3.4.4. REVISIÓN DE LOS PRECIOS CONTRATADOS.....	439

1.3.4.5. ACOPIO DE MATERIALES.....	439
1.3.5. MEDICIÓN Y ABONO DE LAS INSTALACIONES.....	440
1.3.5.1. MEDICIONES Y VALORACIONES.....	440
1.3.5.2. EQUIVOCACIONES EN EL PRESUPUESTO.....	440
1.3.5.3. PAGOS.....	440
1.3.6. SEGUROS.....	441
1.4. CONDICIONES LEGALES.....	442
1.4.1. ARBITRAJE Y JURISDICCIÓN.....	442
1.4.1.1. FORMALIZACIÓN DEL CONTRATO.....	442
1.4.2. RESPONSABILIDADES LEGALES DEL CONTRATISTA.....	442
1.4.3. SEGURIDAD.....	443
1.4.4. LICENCIAS, PERMISOS E IMPUESTOS.....	443
1.4.5. CAUSAS DE RESCISIÓN DEL CONTRATO.....	444
2. PLIEGO DE CONDICIONES PARTICULARES.....	446
2.1. PLIEGO DE CONDICIONES DE ÍNDOLE TÉCNICA.....	446
2.1.1. FORMA GENERAL DE EJECUTAR LOS TRABAJOS.....	446
2.1.2. MANO DE OBRA.....	446
2.1.3. PRUEBAS Y PUESTA EN MARCHA.....	446
2.1.4. CONDICIONES PARA LOS MATERIALES.....	447
2.1.4.1. CONDICIONES GENERALES PARA LOS MATERIALES.....	447
2.1.4.2. MATERIALES NO ESPECIFICADOS.....	447
2.1.4.3. ENSAYOS.....	447
2.1.5. CONDICIONES PARA LOS EQUIPOS.....	448
2.1.5.1. CONDICIONES PARA EL INTERCAMBIADOR DE CALOR DE PLACA Y DE CUERPO RASCADO.....	448
2.1.5.2. CONDICIONES PARA LOS DEPÓSITOS.....	448
2.1.6. CONDICIONES PARA LAS BOMBAS.....	449

2.1.7. CONDICIONES PARA LOS AISLAMIENTO.....	449
2.1.8. CONDICIONES PARA LAS TUBERÍAS.....	449
2.1.8.1. CONDICIONES GENERALES	449
2.1.8.2. CONDICIONES PARA LOS ACCESORIOS.....	450
2.1.8.3. CONDICIONES PARA LAS VÁLVULAS.....	450

1. PLIEGO DE CONDICIONES GENERALES

1.1. DISPOSICIONES GENERALES

1.1.1. OBJETO DEL PLIEGO

El presente pliego tiene por objeto la ordenación, con carácter general, de las condiciones facultativas, económicas y legales que han de regir en los concursos y contratos destinados a la ejecución de los trabajos de montaje y obra de la planta del presente proyecto, siempre que expresamente se haga mención de este pliego en los particulares de cada una de las obras.

En este último supuesto, se entiende que el Contratista Adjudicatario de la obra se compromete a aceptar íntegramente todas y cada una de las cláusulas del presente Pliego General, a excepción de aquellas que expresamente queden anuladas o modificadas en el Pliego Particular de Condiciones de cada una de las obras.

1.1.2. DOCUMENTOS DEL PROYECTO

El Proyecto definitivo, podrá comprender los siguientes documentos:

- En la Memoria Descriptiva se describen con detalle las instalaciones.
- En los Anexos a la Memoria o Memoria Técnica se reflejan todos los cálculos y estudios teóricos necesarios para la realización del proyecto.
- En los Planos se define la situación de la planta así como su diseño.
- En el Pliego de Condiciones se presenta una descripción de las instalaciones.
- En el Presupuesto se definen, especificando su número, las unidades completas.

Se entiende por documentos contractuales aquéllos que estén incorporados en el contrato y que sean de obligado cumplimiento, excepto modificaciones debidamente autorizadas. Estos documentos, en caso de

licitación bajo presupuesto, son: planos, pliego de condiciones, cuadros de precios y presupuesto.

El resto de documentos o datos del Proyecto tienen carácter informativo y están constituidos por la Memoria Descriptiva con todos sus anexos y las mediciones.

Los diversos anexos y documentos del presente proyecto se complementan mutuamente. En consecuencia, una instalación que venga indicada en los planos y presupuesto y que no venga indicada en los otros documentos, debe ser ejecutada por el contratista sin indemnización alguna por parte del propietario. Lo mismo se entiende para todos los trabajos accesorios no indicados en planos y documentos, pero generalmente admitidos como necesarios al complemento normal de ejecución de una instalación de calidad irreprochable.

1.1.3. DESCRIPCIÓN DE LAS INSTALACIONES

El diseño y/o dimensionado de la instalación queda descrita en la Memoria y Planos del Proyecto, donde se detallan y especifican las características de cada uno de los elementos que componen la instalación.

1.1.4. DISPOSICIONES APLICABLES

En la ejecución del presente proyecto se aplicarán todas las Normas y Órdenes que se relacionan en el apartado de disposiciones legales de la memoria descriptiva y todas aquellas normas, reglamentos y ordenanzas que estén vigentes en ese momento.

1.1.5. CONTRADICCIONES

En el caso de contradicciones entre los Planos, el Pliego de Condiciones y la Memoria, prevalecerá lo indicado en el capítulo de la Memoria referente al orden de prioridad entre los Documentos Básicos; no obstante, durante el estudio y realización de la obra, únicamente se recurrirá a la Memoria en aquellas situaciones en las que las especificaciones dispuestas en los otros dos documentos no sean suficientemente concretas. Lo mencionado en el Pliego de Condiciones y omitido en los Planos o viceversa, habrá de ser aceptado como si estuviese expuesto en ambos documentos, siempre que, a juicio del director de obras, quede suficientemente definida la unidad de obra correspondiente y tenga precio en el contrato. En todo caso, las contradicciones, omisiones o errores que se adviertan en estos documentos por el director o contratista deberán reflejarse en el acta de comprobación.

1.2. CONDICIONES FACULTATIVAS

1.2.1. DELIMITACIÓN GENERAL DE FUNCIONES TÉCNICAS

El objeto del contrato a que se refiere este pliego de condiciones, así como los planos y restantes documentos que lo acompañan es el diseño de la planta de tratamiento por frío.

El Ingeniero, asumirá la Dirección Técnica de las obras y será responsable ante la empresa constructora de cualquier desperfecto que se derive de un cálculo erróneo de los elementos de que consta el presente Proyecto, en quien recaerán las siguientes funciones:

- Planificar, a la vista del proyecto, del contrato y de la normativa técnica de aplicación, el control de calidad y económico de las obras.
- Redactar, cuando se requiera expresamente por el constructor, el estudio de los sistemas adecuados a los riesgos del trabajo en la realización de la obra y aprobar el plan de seguridad e higiene para la aplicación del mismo.

- Efectuar el replanteo de la obra y preparar el acta correspondiente, suscribiéndola en unión del Constructor.
- Comprobar la adecuación de la cimentación proyectada a las características reales del suelo.
- Ordenar, dirigir y vigilar la ejecución material con arreglo al proyecto, a las normas técnicas y a las reglas de buena construcción.
- Asistir a las obras, cuantas veces lo requiera su naturaleza y complejidad, a fin de resolver las contingencias que se produzcan e impartir las instrucciones complementarias que sean precisas para conseguir la correcta solución.
- Coordinar la intervención en obra de otros técnicos que, en su caso, concurran a la dirección con función propia en aspectos parciales de su especialidad.
- Realizar o disponer las pruebas y ensayos de materiales, instalaciones y demás unidades de obra según las frecuencias de muestreo programadas en el plan de control, así como efectuar las demás comprobaciones que resulten necesarias para asegurar la calidad constructiva, de acuerdo con el proyecto y la normativa técnica aplicable. De los resultados informará puntualmente al constructor, impartiendo en su caso, las órdenes oportunas.
- Realizar las mediciones de obra ejecutada, realizar y aprobar las certificaciones parciales, realizar y aprobar la certificación final de obra, y asesorar al promotor en el acto de la recepción.
- Suscribir el certificado final de obra.

El contratista proporcionara toda clase de facilidades al director de obra, o sus subalternos, para que puedan llevar a cabo su trabajo con el máximo de eficacia.

El director de obras no será responsable ante la propiedad de la tardanza de los organismos competentes en la tramitación del proyecto. Una vez

conseguidos todos los permisos, el director de obra dará orden de comenzar la misma.

1.2.2. OBLIGACIONES Y DERECHOS GENERALES DEL CONSTRUCTOR O CONTRATISTA

- Representación del contratista

Desde que se den principio las obras, hasta su recepción provisional, el contratista designará un jefe de obra como representante suyo autorizado que cuidará de que los trabajos sean llevados con diligencia y competencia. Este jefe estará expresamente autorizado por el contratista para recibir notificaciones escritas o verbales emitidas por la dirección facultativa y para asegurar que dichas órdenes se ejecuten. Así mismo estará expresamente autorizado para firmar y aceptar las mediciones realizadas por la dirección facultativa.

Cualquier cambio que el contratista desee realizar respecto a sus representantes y personal cualificado y, en especial, del jefe de obras, deberá comunicarse a la dirección facultativa.

- Presencia del contratista en la obra

El contratista, por sí o por medio de sus facultativos representantes o encargados, estará en la obra durante la jornada legal de trabajo y acompañará a la dirección facultativa en las visitas que haga a la obra. Así mismo, y por sí o por medio de sus representantes, asistirá a las reuniones de obra que se convoquen, no pudiendo justificar por motivos de ausencia ninguna reclamación a las órdenes cruzadas por la dirección facultativa en el transcurso de las reuniones.

- Gastos de cuenta del contratista

Serán de cuenta del contratista, siempre que en el contrato no se prevea explícitamente lo contrario, los siguientes gastos:

- Los gastos de construcción y retirada de toda clase de construcciones auxiliares.
- Los gastos de alquiler o adquisición de terreno para depósito de maquinaria y materiales.
- Los gastos de protección de acopio y de la propia obra contra deterioro, daño o incendio, cumpliendo los requisitos vigentes para almacenamientos de explosivos y carburantes.
- Los gastos de limpieza y evacuación de desperdicios de basura.
- Los gastos de suministros, colocación y conservación de señales de tráfico, balizamiento y demás recursos necesarios para proporcionar seguridad dentro de las obras.
- Los gastos de montajes, conservación y retiradas de instalaciones para el suministro de agua y la energía eléctrica necesaria para las obras.
- Los gastos de demolición y desmontaje de las instalaciones provisionales.
- Los gastos de retiradas de materiales rechazados y corrección de las deficiencias observadas y puestas de manifiesto por los correspondientes ensayos y pruebas.
- Oficina en la obra

El contratista habilitará en la obra una oficina en la que existirá una mesa o tablero adecuado, en el que se puedan extenderse y consultarse los Planos.

En la oficina de obras, tendrá siempre el contratista una copia autorizada de todos los documentos del proyecto que le hayan sido facilitados por la dirección facultativa y el "Libro de Órdenes" a que se refiere un artículo siguiente.

- Insuficiente especificación en la documentación del proyecto

Si alguna parte de la obra no quedará suficientemente especificada en esta documentación, a juicio de la contrata o de la propiedad, no se realizará

hasta que la dirección facultativa diera las indicaciones precisas y concretas para su ejecución. Este extremo se advertirá a la citada dirección por escrito, con antelación suficiente para que se pueda estudiar el problema y aportar la solución más acertada sin que ello suponga retraso en la marcha de la obra. El tiempo de antelación variará con la importancia del estudio, siendo el mínimo de una semana.

- Interpretaciones, aclaraciones y modificaciones de documentos del proyecto

Cuando se trate de aclarar, interpretar o modificar preceptos de los Pliegos de Condiciones o indicaciones de los Planos, las órdenes e instrucciones correspondientes se comunicarán por escrito al contratista, estando éste obligado a su vez a devolver, ya los originales, ya las copias, suscribiendo con su firma a enterado, que figurará así mismo en todas las órdenes, avisos o instrucciones que reciba tanto de la propiedad como de la dirección técnica.

- Información del contratista a subcontratas e instaladores

El contratista se verá obligado a suministrar toda la información precisa a las diferentes subcontratas e instaladores para que su labor se ajuste al proyecto. En cualquier caso el contratista será el único responsable de las variaciones o errores que se hubieran podido cometer en obra por desconocimiento de las especificaciones aquí detalladas.

- Copias de documentos

El contratista tiene derecho a sacar copias, a su costa, de los Planos, Presupuestos, Pliego de Condiciones y demás documentos del proyecto. La dirección facultativa, si el contratista lo solicita, autorizará estas copias con su firma una vez confrontadas. En la obra siempre se encontrará una copia completa del proyecto visada por el colegio oficial, que no se utilizará como planos de obra sino en contados casos de comprobaciones.

- Reclamaciones contra las órdenes de la dirección facultativa

Las reclamaciones que el contratista quiera hacer contra las órdenes emanadas de la dirección facultativa, sólo podrá presentarlas, a través de la misma, ante la propiedad, si ellas son de orden económico, y de acuerdo con las condiciones estipuladas en los Pliegos de Condiciones correspondientes. Contra disposiciones de orden técnico o facultativo de la dirección facultativa, no se admitirá reclamación alguna, pudiendo el contratista salvar su responsabilidad, si lo estima oportuno, mediante exposición razonada dirigida a la dirección facultativa, la cual podrá limitar su contestación al acuse de recibo, que en todo caso será obligatorio para este tipo de reclamaciones.

- Libro de Órdenes

El contratista tendrá siempre en la oficina de la obra y a disposición de la dirección facultativa, un "Libro de Órdenes", con sus hojas foliadas por triplicado y visado por el colegio oficial. El cumplimiento de las órdenes expresadas en dicho libro es tan obligatorio para el contratista como las que figuran en el Pliego de Condiciones.

- Residencia del contratista

Desde el inicio de las obras, hasta su recepción definitiva, el contratista o un representante suyo autorizado, deberá residir en un punto próximo al de ejecución de los trabajos y no podrá ausentarse de él sin previo conocimiento de la dirección facultativa, notificándole expresamente la persona que durante su ausencia le ha de representar en todas sus funciones. Cuando se falte a lo anteriormente prescrito, se considerarán válidas las notificaciones que se efectúen al individuo más caracterizado o de mayor categoría técnica de los empleados operarios de cualquier rama que, como dependiente de la contrata, intervengan en las obras.

- Despido del contratista

Se considerará causa de despido del contratista, el incumplimiento de las instrucciones dadas por el director de obra, la manifiesta incapacidad de realización de sus cometidos y la realización de actos que comprometan o perturben la marcha de los trabajos.

1.2.3. PRESCRIPCIONES GENERALES RELATIVAS A LOS TRABAJOS, A LOS MATERIALES Y A LOS MEDIOS AUXILIARES

- Caminos y accesos

El Constructor dispondrá por su cuenta los accesos a la obra y el cerramiento o vallado de ésta. El Director de Obra podrá exigir su modificación o mejora.

- Replanteo

Antes de dar comienzo las obras, el Ingeniero Director de Obra, junto al personal subalterno necesario y en presencia del Contratista o su representante, procederá al replanteo general de la obra. El Constructor se hará cargo de las estacas, señales y referencias que se dejen en el terreno como consecuencia del replanteo iniciará las obras con el replanteo de las mismas en el terreno, señalando las referencias principales que mantendrá como base de posteriores replanteos parciales. Dichos trabajos se considerarán a cargo del Contratista e incluidos en su oferta. El Director podrá ejecutar u ordenar cuantos replanteos parciales considere necesarios durante el periodo de construcción para que las obras se realicen conforme al proyecto y a las modificaciones del mismo que sean aprobadas.

- Comienzo de la obra. Ritmo de ejecución de los trabajos

El Constructor dará comienzo a las obras en el plazo marcado en el Pliego de Condiciones particulares, desarrollándolas en la forma necesaria para que dentro de los períodos parciales en aquél ejecutados los trabajos

correspondientes y, en consecuencia, la ejecución total se lleve a efecto dentro del plazo exigido en el Contrato. Obligatoriamente y por escrito deberá el contratista dar cuenta al Director de Obra del comienzo de los trabajos al menos con tres días de antelación.

- Orden de los trabajos

En general, la determinación del orden de los trabajos será compatible con los plazos programados y es facultad de la contrata, salvo aquellos casos en que, por circunstancias de orden técnico, estime conveniente su variación la Dirección Facultativa.

- Facilidades para otros contratistas

De acuerdo con lo que requiera la Dirección Facultativa, el Contratista General deberá dar todas las facilidades razonables para la realización de los trabajos que les sean encomendados a todos los demás contratistas que intervengan en la obra. Ello sin perjuicio de las compensaciones económicas a que haya lugar entre Contratistas por utilización de medios auxiliares o suministros de energía u otros conceptos. En caso de litigio, ambos contratistas estarán a lo que resuelva la Dirección Facultativa.

- Ampliación de proyecto por causas imprevistas o de fuerza mayor

Cuando sea preciso por motivo imprevisto o por cualquier accidente ampliar el Proyecto, no se interrumpirán los trabajos, continuándose siguiendo una recta interpretación del proyecto y según las instrucciones dadas por el Director de Obra, en tanto se formula o tramita el Proyecto Reformado. El Constructor está obligado a realizar con su personal y sus materiales cuanto la Dirección de las obras disponga para apeos, apuntalamientos, derribos, recalzos o cualquier otra obra de carácter urgente, anticipando de momento este servicio, cuyo importe le será consignado en un presupuesto adicional o abonado directamente, de acuerdo con lo que se convenga.

- Prórroga por causa de fuerza mayor

Si por causa de fuerza mayor o independiente de la voluntad del Constructor, éste no pudiese comenzar las obras, o tuviese que suspenderlas, o no le fuera posible terminarlas en los plazos prefijados, se le otorgará una prórroga proporcionada para el cumplimiento de la contrata, previo informe favorable del Director de Obra, la causa que impide la ejecución o la marcha de los trabajos y el retraso que por ello se originaría en los plazos acordados, razonando debidamente la prórroga que por dicha causa solicita.

- Responsabilidad de la dirección facultativa en el retraso de la obra

El Contratista no podrá excusarse de no haber cumplido los plazos de las obras estipulados, alegando como causa la carencia de planos u órdenes de la Dirección Facultativa, a excepción del caso en que habiéndolo solicitado por escrito no se lo hubiesen proporcionado.

- Condiciones generales de ejecución de los trabajos

Todos los trabajos se ejecutarán con estricta sujeción al Proyecto, a las modificaciones del mismo que previamente hayan sido aprobadas y a las órdenes e instrucciones que bajo su responsabilidad y por escrito entregue el Director de Obra al Constructor, dentro de las limitaciones presupuestarias y de conformidad con lo especificado.

- Obras ocultas

De todos los trabajos y unidades de obra que hayan de quedar ocultos a la terminación del edificio, se levantarán los planos precisos para que queden perfectamente definidos; estos documentos se extenderán por triplicado, entregándose una al Director de Obra, otro al Promotor y otro al Contratista, firmados todos ellos por los tres. Dichos planos, que deberán ir suficientemente acotados, se considerarán documentos indispensables e irrecusables para efectuar las mediciones

- Trabajos defectuosos

El Constructor debe emplear los materiales que cumplan las condiciones exigidas en las "Condiciones Generales y Particulares de índole técnica" del Pliego de Condiciones y realizará todos y cada uno de los trabajos contratados de acuerdo con lo especificado también en dicho documento. Por ello, y hasta que tenga lugar la recepción definitiva del edificio, es responsable de la ejecución de los trabajos que ha contratado y de las faltas y defectos que en éstos puedan existir por su mala ejecución o por la deficiente calidad de los materiales empleados o aparatos colocados, sin que le exima de responsabilidad el control que compete al Director de Obra, ni tampoco el hecho de que estos trabajos hayan sido valorados en las certificaciones parciales de obra, que siempre se entenderán extendidas y abonadas a buena cuenta. Como consecuencia de lo anteriormente expresado, cuando el Director de Obra advierta vicios o defectos en los trabajos ejecutados, o que los materiales empleados o los aparatos colocados no reúnen las condiciones preceptuadas, ya sea en el curso de la ejecución de los trabajos, o finalizados éstos, y antes de verificarse la recepción definitiva de la obra, podrá disponer que las partes defectuosas sean demolidas y reconstruidas de acuerdo con lo contratado, y todo ello a expensas de la contrata.

- Vicios ocultos

Si el Director de Obra tuviese fundadas razones para creer en la existencia de vicios ocultos de construcción en las obras ejecutadas, ordenará efectuar en cualquier tiempo, y antes de la recepción definitiva, los ensayos, destructivos o no, que crea necesarios para reconocer los trabajos que suponga defectuosos. Los gastos que se ocasionen serán de cuenta del Constructor, siempre que los vicios existan realmente. En caso contrario serán a cargo de la Propiedad.

- De los materiales y de los aparatos. Su procedencia

El Constructor tiene libertad de proveerse de los materiales y aparatos de todas clases en los puntos que le parezca conveniente, excepto en los casos en que el Pliego de Condiciones Particulares de índole técnica preceptúe una procedencia determinada. Todos los materiales serán de la mejor calidad y su colocación será perfecta. Tendrán las dimensiones que marquen los documentos del Proyecto y la Dirección Facultativa. El transporte, manipulación y empleo de los materiales se hará de manera que no queden alteradas sus características ni sufran deterioro sus formas o dimensiones. Obligatoriamente, y antes de proceder a su empleo o acopio, el Constructor deberá presentar al Director de Obra una lista completa de los materiales y aparatos que vaya a utilizar en la que se especifiquen todas las indicaciones sobre marcas, calidades, procedencia e idoneidad de cada uno de ellos.

- Presentación de muestras

A petición del Director de Obra, el constructor le presentará las muestras de los materiales antes de sin cuya aprobación no podrán utilizarse en la construcción.

- Materiales no utilizables

El Constructor, a su costa, transportará y colocará, agrupándolos ordenadamente y en el lugar adecuado, los materiales procedentes de las excavaciones, derribos, etc., que no sean utilizables en la obra. Se retirarán de ésta o se llevarán al vertedero, cuando así estuviese establecido en el Pliego de Condiciones Particulares vigente en la obra. Si no se hubiese preceptuado nada sobre el particular, se retirarán de ella cuando así lo ordene el Director de Obra, pero acordando previamente con el Constructor su justa tasación, teniendo en cuenta el valor de dichos materiales y los gastos de su transporte.

- Materiales y aparatos defectuosos

Cuando los materiales, elementos de instalaciones o aparatos no fuesen de la calidad prescrita en este Pliego, o no tuvieran la preparación en él exigida o, en fin, cuando ante la falta de prescripciones formales de aquel se reconociera o demostrara que no eran adecuados para su objeto, el Director de Obra dará orden al Constructor de sustituirlos por otros que satisfagan las condiciones o llenen el objeto a que se destinen. Si a los quince días de recibir el Constructor orden de que retire los materiales que no estén en condiciones, no ha sido cumplida, podrá hacerlo la Propiedad cargando los gastos a la Contrata. Si los materiales, elementos de instalaciones o aparatos fueran defectuosos, pero aceptables a juicio del Director de Obra, se recibirán pero con la rebaja del precio de aquel que determine, a no ser que el Constructor prefiera sustituirlos por otros en condiciones.

- Gastos ocasionados por pruebas y ensayos

Todas las pruebas, análisis y ensayos de materiales o elementos que intervengan en la ejecución de las obras serán verificados conforme indique el Director de Obra y serán de cuenta de la contrata todos los gastos que ello origine. Se incluye el coste de los materiales que se ha de ensayar, la mano de obra, herramientas, transporte, gastos de toma de muestras, minutas de laboratorio, tasas, etc. Todo ensayo que no haya resultado satisfactorio o que no ofrezca las garantías suficientes, podrá comenzarse de nuevo a cargo del mismo.

- Limpieza de las obras

Es obligación del Constructor mantener limpias las obras y sus alrededores, tanto de escombros como de material sobrante, hacer desaparecer las instalaciones provisionales que no sean necesarias, así como adoptar las medidas y ejecutar todos los trabajos que sean necesarios para que la obra ofrezca buen aspecto.

- Obras sin prescripciones

En la ejecución de trabajos que entran en la construcción de las obras y para los cuales no existan prescripciones consignadas explícitamente en éste Pliego ni en la restante documentación del Proyecto, el Constructor se atenderá, en primer término, a las instrucciones que dicte la Dirección Facultativa de las obras y, en segundo lugar, a las reglas y prácticas de la buena construcción.

1.2.4. RECEPCIÓN PROVISIONAL

El director de la obra junto con el propietario y el contratista realizarán un examen global de la obra una vez terminados los trabajos. Si las obras se encuentran en buen estado y han sido ejecutadas con arreglo a las condiciones establecidas, se levantará el acta de recepción provisional de las obras, en donde constará la fecha y las condiciones de recepción de las mismas. Dicho documento será firmado por el director de obra, el propietario y el contratista. El plazo de garantía de la obra empezará a contar a partir de dicha fecha. Cuando las obras no se hallen en estado de ser recibidas, se hará constar en el acta donde se especificará los desperfectos encontrados, fijándose un plazo para subsanarlos, los cuales corren a cargo del contratista. Expirado el plazo, se efectuará un nuevo reconocimiento en idénticas condiciones, a fin de proceder a la recepción provisional de la obra. Si en dicho reconocimiento se comprueba que los desperfectos aún no han sido subsanados, el director de obra, en nombre y representación de la propiedad, encargará a otra entidad que las solucione con cargo a la fianza depositada por el contratista.

1.2.5. PLAZO DE GARANTÍA

Será de un año, contado a partir de la fecha de recepción provisional, salvo indicación contraria expresa en el pliego de contratación de la obra. Durante dicho período, las posibilidades de conservación, reparación y sustitución debidas a defectos y vicios ocultos, serán por cuenta del contratista, siendo éste el responsable de las faltas que puedan existir. En

caso de existir defectos o imperfecciones, no servirá de disculpa ni le dará derecho alguno al contratista el que el director o el subalterno hayan examinado durante la construcción, reconocido sus materiales o hecho su valoración en las relaciones parciales. En consecuencia, si se observa vicios e imperfecciones antes de efectuarse la recepción definitiva de la obra, se dispondrá que el contratista demuela o reconstruya, o bien repare, de su cuenta, las partes defectuosas.

1.2.6. RECEPCIÓN DEFINITIVA

Terminado el plazo de garantía, y previo a los trámites reglamentarios, se procederá a efectuar la recepción definitiva de las obras, una vez realizado el oportuno reconocimiento de las mismas y en el supuesto de que todas ellas se encuentren en las condiciones debidas. A partir de ese momento el contratista quedará relevado de toda responsabilidad económica, con excepción de los gastos derivados de la aparición de vicios ocultos, los cuales será responsabilidad suya durante un plazo de diez años contados a partir de la fecha de recepción definitiva de las obras.

En caso de que, al proceder al reconocimiento de las obras, éstas no se encontrasen en estado de ser recibidas, se aplazará su recepción hasta que, ajuicio del director de obra, y dentro del plazo que se marque, queden las obras del modo y forma que de determinan en el presente Pliego de Condiciones. Al proceder a la recepción definitiva de las obras, se extenderá por triplicado el acta correspondiente, en donde figurará la fecha de recepción definitiva de las obras y la firma de cada una de las partes implicadas: director de obra, propiedad y contratista.

1.3. CONDICIONES ECONÓMICAS

1.3.1. BASE FUNDAMENTAL

1.3.1.1. ALCANCE

Comprenderán las que afecten al coste y pago de los equipos contratados, al plazo y forma de las entregas, a las fianzas y garantías para el cumplimiento del contrato establecido, a los casos que proceden las mutuas indemnizaciones y todas las que se relacionen con la obligación contraída por el Propietario a satisfacer el importe y la remuneración del trabajo contratado, una vez ejecutadas, parcial o totalmente por el Contratista, y de acuerdo con las condiciones convenidas, las que le fueran adjudicadas.

1.3.1.2. BASE FUNDAMENTAL

La base fundamental de estas condiciones es que el Contratista debe percibir el importe de todos los trabajos ejecutados, siempre que éstos se hayan realizado con arreglo y sujeción al Proyecto y condiciones generales y particulares que rijan la construcción contratada.

1.3.2. FIANZAS

El Contratista prestará fianza con arreglo a alguno de los siguientes procedimientos, según se estipule:

- Depósito previo, en metálico o valores, o aval bancario, por importe entre el 3 % y 10 % del precio total de contrata.
- Mediante retención de las certificaciones parciales o pagos a cuenta en igual proporción.

La fianza podrá ser depositada mediante cheque o aval bancario.

Si el contratista se negase a hacer por su cuenta los trabajos precisos para terminar la obra en las condiciones contratadas, el director de obra en

nombre y representación de la propiedad, los ordenará ejecutar a un tercero, abonando su importe con la fianza depositada por el contratista, sin perjuicio de las acciones legales a que tenga derecho el propietario.

La fianza depositada, o lo quede de ella, será devuelta al contratista una vez firmada el acta de recepción definitiva de la obra en un plazo que no excederá de treinta días, siempre que el contratista haya acreditado por medio de certificado del Alcalde del distrito municipal en cuyo término se halle emplazada la obra contratada, que no existe reclamación alguna contra él por los daños y perjuicios que sean de su cuenta o por deuda de los jornales o materiales, ni por indemnización derivadas de accidentes ocurridos en el trabajo.

1.3.3. PENALIZACIONES Y BONIFICACIONES

Contratista, director de obra y propiedad firmarán un documento donde se especifique la cuantía y las condiciones de penalización económicas a cargo del contratista, debidas a retrasos en la ejecución de las obras. Del mismo modo, se especificará la cuantía y las condiciones de bonificación en beneficio del contratista, debidas a adelantos en la ejecución de la obra.

No se considerarán causa de penalización, los retrasos en la ejecución de las obras debidos a:

- Incendios causados por electricidad atmosférica.
- Daños producidos por terremotos y maremotos.
- Daños producidos por viento huracanados, mareas y crecidas de río superiores a la que sean de prever en el país, y siempre que exista constancia inequívoca de que el contratista tomó las medidas posibles, dentro de sus medios.
- Destrozos causados violentamente, a mano armada, en tiempo de guerra, movimientos sediciosos populares o robos tumultuosos.

1.3.4. LOS PRECIOS

1.3.4.1. PRECIOS UNITARIOS

Los precios unitarios fijados en el contrato para cada equipo cubrirán todos los gastos efectuados para la ejecución material de la unidad correspondiente, incluidos los trabajos auxiliares, mano de obra, materiales y medios auxiliares de cada unidad, siempre que expresamente no se indique lo contrario en este pliego.

1.3.4.2. PRECIOS CONTRADICTORIOS

Si ocurriese algún caso por virtud del cual fuese necesario fijar un nuevo precio, se procederá a estudiarlo y convenirlo contradictoriamente de la siguiente forma:

El Contratista formulará por escrito, bajo su firma, el precio que, a su juicio, debe aplicarse a la nueva unidad.

La Dirección técnica estudiará el que, según su criterio, debe utilizarse.

Si ambos son coincidentes se formulará por la Dirección Técnica el acta de avenencia, igual que si cualquier pequeña diferencia o error fuesen salvados por simple exposición y convicción de una de las partes, quedando así formalizado el precio contradictorio.

Si no fuera posible conciliar por simple discusión los resultados, la Dirección Técnica propondrá a la Propiedad que adopte la resolución que estime conveniente, que podrá ser aprobatoria del precio exigido por el Contratista.

La fijación del precio contradictorio habrá de preceder necesariamente al comienzo de la nueva unidad, puesto que, si por cualquier motivo ya se hubiese comenzado, el Contratista estará obligado a aceptar el que

buenamente quiera fijarle la Dirección Técnica y a concluir a satisfacción de éste.

1.3.4.3. RECLAMACIONES DE AUMENTO DE PRECIOS

Si el Contratista, antes de la firma del contrato no hubiese hecho la reclamación y observación oportuna, no podrá bajo ningún pretexto de error u omisión reclamar aumento de los precios fijados en el cuadro correspondiente del presupuesto que se aprobase para la ejecución de los trabajos.

1.3.4.4. REVISIÓN DE LOS PRECIOS CONTRATADOS

Si los precios en el momento de firmar el contrato experimentan una variación oficial en más o menos de 5%, podrá hacerse una revisión de precios a petición de cualquiera de las partes, que se aplicará a los trabajos que falten por ejecutar. En caso de urgencia podrá autorizarse la adquisición de materiales a precios superiores, siendo el abono de la diferencia con los contratos.

1.3.4.5. ACOPIO DE MATERIALES

El Contratista queda obligado a ejecutar los acopios de materiales o equipos que la Propiedad ordene por escrito.

Los materiales acopiados, una vez abonados por el Propietario son de la exclusiva propiedad de éste, de su guarda y conservación será responsable el Contratista.

1.3.5. MEDICIÓN Y ABONO DE LAS INSTALACIONES

1.3.5.1. MEDICIONES Y VALORACIONES

Las mediciones de los trabajos concluidos se harán por el tipo de unidad fijada en el Presupuesto. La valoración deberá obtenerse igualmente, aplicando a los equipos el precio que tuviesen asignado en el Presupuesto.

La valoración de las partidas no expresadas se verificará aplicando a cada una de ellas la medida más apropiada, en la forma y condiciones que estime la Dirección Técnica, multiplicando el resultado final de la medición por el precio correspondiente.

1.3.5.2. EQUIVOCACIONES EN EL PRESUPUESTO

Se supone que el Contratista ha hecho detenido estudio de los documentos que componen el Proyecto, y por tanto al no haber hecho ninguna observación sobre posibles errores o equivocaciones en el mismo, se entiende que no hay lugar a disposición alguna en cuanto afecta a medidas o precios, de tal suerte, que si el trabajo ejecutado con arreglo al proyecto contiene mayor número de unidades que las previstas, no tiene derecho a reclamación alguna.

Si por el contrario, el número de unidades fuera inferior, se descontará del presupuesto.

1.3.5.3. PAGOS

Los pagos se efectuarán por el Propietario en los plazos previamente establecidos, y su importe corresponderá precisamente al de las certificaciones conformadas por el Ingeniero Director, en virtud de las cuales se verifican aquéllos.

1.3.6. SEGUROS

El contratista está obligado a asegurar la obra contratada durante todo el tiempo que dure su ejecución, hasta la recepción definitiva.

La cuantía del seguro coincidirá, en todo momento, con el valor que tengan por contrata los objetos asegurados. El importe abonado por la sociedad aseguradora, en caso de siniestro, se ingresará a cuenta a nombre de la propiedad, para que a cargo de ella se abone la obra que se construya y a medida que ésta se vaya realizando. El reintegro de dicha cantidad al contratista se efectuará por certificaciones, como el resto de los trabajos de la construcción. En ningún caso, salvo por conformidad expresa del contratista, hecha en documento público, el propietario podrá disponer de dicho importe para menesteres ajenos a los de la construcción de la parte siniestrada. Del mismo modo, el contratista deberá tener contratado un seguro de responsabilidad civil que cubra las indemnizaciones causadas por accidentes o perjuicios derivados de las obras, quedando la propiedad eximida de dicha responsabilidad.

La infracción de lo anteriormente expuesto será motivo suficiente para que el contratista pueda rescindir la contrata, con devolución de la fianza, abono completo de gastos, materiales acopiados, etc., y una indemnización equivalente al importe de los daños causados al contratista por el siniestro y que no le hubiesen abonado, pero sólo en proporción equivalente a lo que suponga la indemnización abonada por la compañía aseguradora, respecto al importe de los daños causados por el siniestro, que serán tasados a estos efectos por la dirección técnica.

Los riesgos asegurados y las condiciones que figuran en la póliza de seguros los pondrá el contratista antes de contratarlos en conocimiento del propietario, al objeto de recabar de éste su previa conformidad o reparos.

1.4. CONDICIONES LEGALES

1.4.1. ARBITRAJE Y JURISDICCIÓN

1.4.1.1. FORMALIZACIÓN DEL CONTRATO

Los contratos se formalizarán mediante documentos privados, que podrán elevarse a escritura pública a petición de cualquiera de las partes y con arreglo a las disposiciones vigentes. Este documento contendrá una cláusula en las que se exprese terminantemente que el Contratista se obliga al cumplimiento exacto del contrato, conforme a lo previsto en el Pliego General de Condiciones.

El Contratista antes de firmar la escritura habrá firmado también su conformidad al pie del Pliego de Condiciones Particulares, en los Planos, Cuadros de precios y Presupuesto general.

Serán de cuenta del Adjudicatario todos los gastos que ocasione la extensión del documento en que se consigne la contrata.

1.4.2. RESPONSABILIDADES LEGALES DEL CONTRATISTA

El contratista será responsable de la ejecución de la obra en las condiciones establecidas en el contrato y en los documentos que componen el proyecto. Como consecuencia de ello, vendrá obligado a la demolición y reconstrucción de todo lo mal ejecutado, sin que pueda servir de excusa el que la dirección técnica haya examinado y reconocido la construcción durante las obras, ni el que hayan sido abandonadas en liquidaciones parciales.

Será responsabilidad del contratista el cumplimiento de todas las ordenanzas y disposiciones municipales que estén vigentes en la localidad donde la edificación esté emplazada. El contratista será responsable de todos los accidentes o perjuicios de todo género que, por inexperiencia, descuido o incumplimiento de la legislación vigente en materia de seguridad, sobrevinieran tanto en la edificación donde se efectúen las obras

como en las contiguas, ya que se consideran que en los precios contratados están incluidos todos los gastos precisos para cumplimentar dichas disposiciones legales. El contratista deberá tener contratado un seguro que cubra las indemnizaciones a quienes correspondan y cuando a ello hubiera lugar, de todos los datos y perjuicios que puedan causarse en las operaciones de ejecución de las obras, quedando la propiedad eximida de dicha responsabilidad.

Será de cargo y cuenta del contratista, el vallado y la policía del solar, cuidando de la conservación de sus líneas de lindero y vigilando que, por los poseedores de las fincas contiguas, si las hubiere, u otras personas ajenas a las obras, no se realicen durante la obra actos que mermen o modifiquen a la misma.

El contratista se ve obligado a lo establecido en la Ley de Contratos del Trabajo y además a lo dispuesto por la Ley de Accidentes del Trabajo, Subsidio Familiar y Seguros Sociales.

1.4.3. SEGURIDAD

El contratista estará obligado a adoptar todas las medidas de seguridad que las disposiciones vigentes preceptúen para evitar, en lo posible, accidentes a los obreros o viandantes, no sólo en los andamios, sino en todos los lugares peligrosos de la obra, así como los accidentes en zonas anejas a la misma derivados de dichas obras.

1.4.4. LICENCIAS, PERMISOS E IMPUESTOS

El contratista deberá tramitar todas las licencias, permisos e impuestos necesarios para la normal ejecución de las obras, corriendo el pago de los mismos por cuenta del propietario.

1.4.5. CAUSAS DE RESCISIÓN DEL CONTRATO

Las causas de rescisión del contrato son las que enumeran a continuación:

- El incumplimiento, por parte del contratista, de las condiciones fijadas en el presente Pliego de Condiciones, tanto por negligencias como por cualquier otra causa.
- Las modificaciones del proyecto en tal forma que presenten alteraciones fundamentales del mismo a juicio del director de obra y en cualquier caso siempre que las unidades del presupuesto de unidades como consecuencia de estas modificaciones representen en, más o menos, el 25% como mínimo del importe de aquél.
- Las modificaciones de unidades de obra, siempre que estas modificaciones representen unidades, en más o menos, del 40% como mínimo de algunas de las unidades de las que figuran en las mediciones del proyecto, o más de un 50% de unidades del proyecto modificado.
- Cuando se llevara en el desarrollo de la obra una lentitud perjudicial para la buena marcha y terminación de las mismas.
- El no dar comienzo la contrata a los trabajos dentro del plazo señalado en las condiciones particulares del proyecto.
- La suspensión de la obra comenzada y, en todo caso, siempre que, por razones ajenas a la contrata, no se dé comienzo a la obra adjudicada dentro del plazo de 3 meses, a partir de la adjudicación. En este caso la devolución de la fianza será automática.
- La suspensión de la obra comenzada sin causa justificada.
- La no terminación de la obra en los plazos establecidos en el presente Pliego de Condiciones.
- Cuando sea aprobado por el director de obra que el contratista hubiera procedido de mala fe o ignorancia con el suministro de materiales o en la ejecución de las obras.

- Cuando el contratista se negase a hacer por su cuenta los trabajos precisos para ultimar la obra en las condiciones contratadas. En este caso, el director de obra, en nombre y representación del propietario, ordenará ejecutarlas a un tercero, con cargo a la fianza depositada.
- El incumplimiento de las instrucciones dadas por el director de obra al contratista.
- La muerte o incapacidad del contratista.
- La quiebra del contratista.
- En los casos 12 y 13, si los herederos o síndicos ofrecieran llevar a cabo las obras, bajo las mismas condiciones estipuladas en el contrato, el propietario puede admitir o rechazar el ofrecimiento, sin que en este último caso tengan aquéllos derecho a indemnización alguna.

Julio de 2011.

El Alumno

Fdo.: José María Moreno Rodríguez

2. PLIEGO DE CONDICIONES PARTICULARES

2.1. PLIEGO DE CONDICIONES DE ÍNDOLE TÉCNICA

2.1.1. FORMA GENERAL DE EJECUTAR LOS TRABAJOS

Las obras se ajustarán a los Planos y a este Pliego de Condiciones, resolviéndose cualquier discrepancia que pudiera existir, por el director de la obra. Si por cualquier circunstancia fuese preciso efectuar alguna variación en las obras a realizar, se redactará el correspondiente proyecto reformado, el cual desde el día de su fecha, se considerará por parte integrante del proyecto primitivo, y por tanto sujeto a las mismas especificaciones de todos y cada uno de los documentos de éste en cuanto no se los pongan explícitamente.

2.1.2. MANO DE OBRA

Todo el personal especialista que se emplee en la ejecución de las obras tendrá perfecto conocimiento de su oficio, con arreglo de su categoría.

El contratista tendrá la obligación de separar de la obra aquel personal que, a su juicio o el del director de obra, no cumpla con sus obligaciones en la forma de vida.

2.1.3. PRUEBAS Y PUESTA EN MARCHA

Durante la ejecución de los trabajos, se efectuarán pruebas de carga de los diferentes equipos, así como de resistencia mecánica por sobrepresión recogidas en la normativa legal vigente y en los diferentes capítulos en la Memoria del proyecto.

2.1.4. CONDICIONES PARA LOS MATERIALES

2.1.4.1. CONDICIONES GENERALES PARA LOS MATERIALES

Las características de los materiales serán las expresadas en los subapartados que siguen, pudiendo la dirección técnica desechar aquellos que a su juicio no las reúnan

No podrán ser en ningún caso distintos en sus características a los tipos proyectados. Si hubiese que variar la clase de algunos inicialmente aprobados, los nuevos no podrán ser instalados sin la previa autorización de la dirección de obra, la cual podrá someterlos a cuantas pruebas estimen oportunas.

2.1.4.2. MATERIALES NO ESPECIFICADOS

Cualquier material que no haya sido especificado ni descrito en el presente proyecto y fuese necesario utilizar, reunirá las condiciones que se requieran para su función siendo fijados por el contratista las fuentes de suministro que éste estime oportuna. En cualquier caso, el contratista notificará al director de obra, con la suficiente antelación, los materiales que se proponen utilizar y su procedencia, aportando, cuando así lo solicite el director, las muestras y los datos necesarios para su posible aceptación, tanto en lo que se refiere a cantidad como a su calidad, siendo el criterio de la dirección facultativa totalmente inapelable.

2.1.4.3. ENSAYOS

Antes de proceder al empleo de los materiales serán examinados y aceptados por el director de obra, quien podrá disponer si así lo considera

oportuno de todas las pruebas, análisis, ensayos, etc., hasta su definitiva aprobación.

2.1.5. CONDICIONES PARA LOS EQUIPOS

2.1.5.1. CONDICIONES PARA EL INTERCAMBIADOR DE CALOR DE PLACA Y DE CUERPO RASCADO

El material de construcción empleado para los intercambiadores de calor será acero inoxidable AISI 316.

Las dimensiones de los cambiadores, así como sus características geométricas serán los determinados en la Memoria.

El director de obra supervisará los equipos antes de su montaje, comprobará su buen estado y podrá rechazarlos si observa anomalías que a su juicio puedan provocar dicho rechazo.

En el lugar de emplazamiento se habrá previsto el espacio suficiente para el desmontaje completo del equipo.

Si desde que el equipo es recibido desde el taller del fabricante hasta que es montado en el terreno hubiera transcurrido un período de tiempo que el director de obra considerase razonablemente largo, será almacenado bajo techado en lugar seco y se tomarán precauciones para que no sufriesen contaminación, oxidación excesiva, acumulación de humedad o suciedad, así como golpes o deterioros.

2.1.5.2. CONDICIONES PARA LOS DEPÓSITOS

El material de construcción de los depósitos de almacenamiento será acero inoxidable AISI 304.

Las dimensiones de dichos depósitos, así como sus características geométricas serán los determinados en la Memoria.

El director de obra supervisará los depósitos antes de su montaje, comprobará su buen estado y podrá rechazarlos si observa anomalías que a su juicio puedan provocar dicho rechazo.

Si desde que el equipo es recibido desde el taller del fabricante hasta que es montado en el terreno hubiera transcurrido un período de tiempo que el director de obra considerase razonablemente largo, será almacenado bajo techado en lugar seco y se tomarán precauciones para que no sufriesen contaminación, oxidación excesiva, acumulación de humedad o suciedad, así como golpes o deterioros.

2.1.6. CONDICIONES PARA LAS BOMBAS

Los parámetros característicos de las bombas serán los determinados en la Memoria descriptiva.

2.1.7. CONDICIONES PARA LOS AISLAMIENTO

El espesor y el tipo de aislamiento de la cámara isotérmica, así como de las líneas de tuberías se prevén en la Memoria del presente proyecto.

El aislamiento no presentará cortes o deformaciones que, a juicio del director de obra, pudieran afectar a la capacidad aislante del mismo.

2.1.8. CONDICIONES PARA LAS TUBERÍAS

2.1.8.1. CONDICIONES GENERALES

Las tuberías serán de acero inoxidable AISI 304 y se fabricarán de acuerdo a la norma ANSI B.31.3.

Las tuberías serán de los diámetros especificados en los correspondientes apartados de la Memoria, y estarán libres de fisuras, grietas, poros, impurezas, deformaciones o faltas de homogeneidad, así como de otros defectos que pudieran disminuir su resistencia y apartar su comportamiento del esperado por sus características.

2.1.8.2. CONDICIONES PARA LOS ACCESORIOS

Los accesorios para las tuberías (codos, tes, etc.) serán del mismo material que las tuberías y deberán ser fabricados bajo la norma ANSI 16.9. Su diámetro será el correspondiente a las líneas en las que vayan instalados y se unirán a ellas mediante soldaduras. Los accesorios estarán libres de defecto, irregularidades, etc., que puedan afectar negativamente a su comportamiento durante el proceso.

2.1.8.3. CONDICIONES PARA LAS VÁLVULAS

Las válvulas serán las especificadas en la Memoria.

Estarán libres de defectos, irregularidades, etc., que puedan dificultar su instalación o montaje, o que puedan afectar negativamente a su comportamiento durante el proceso.

Durante su instalación se tendrá especial cuidado de alinear correctamente los extremos con la tubería en la que vayan ser instaladas.

DOCUMENTO N° 4:
PRESUPUESTO

Índice

1. INTRODUCCIÓN.....	453
2. ESTADO DE MEDICIONES.....	454
2.1. PRESUPUESTO DE LOS EQUIPOS.....	459
2.2. PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN DEL MATERIAL.....	464
2.3. PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN POR CONTRATA.....	464
2.4. PRESUPUESTO GENERAL.....	465

1. INTRODUCCIÓN

El objeto de este documento la estimación del presupuesto del presente proyecto “Diseño de una planta de tratamiento en frío”. Para cumplir este objeto se tendrá en cuenta el coste del capital inmovilizado. Este coste se divide en dos: costes directos e indirectos, es decir, inversiones que redundan en elementos físicos concretos, y otras necesarias para las anteriores, pero que no se traducen en una realidad física.

En el siguiente esquema se aprecia el desglose de los costes directos e indirectos:

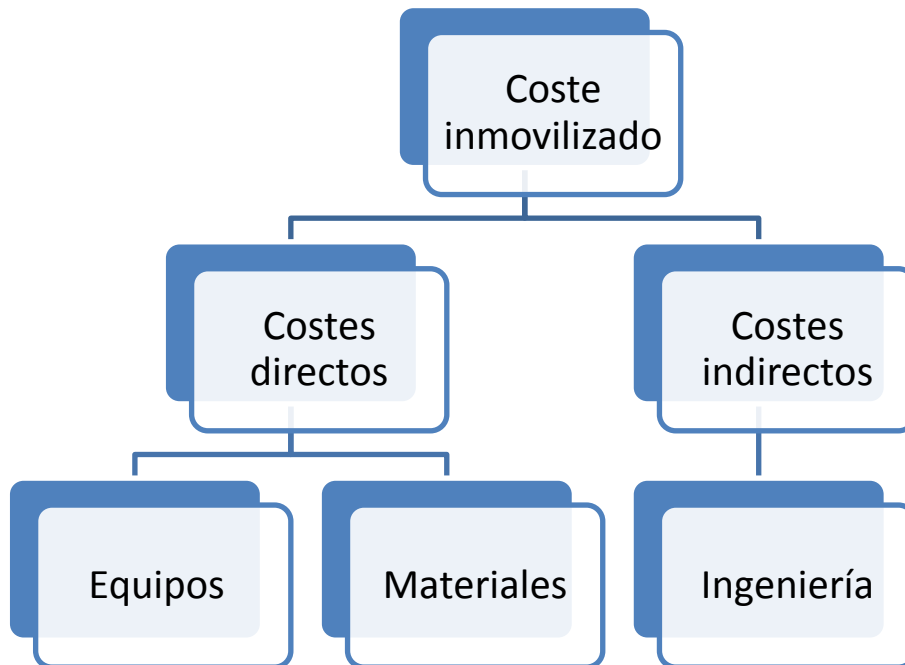


Figura.P.1. Tipos de costes

En los costes de los equipos se incluye los costes referentes a la maquinaria necesaria en la planta tratamiento en frío y a los montajes de las mismas. Los costes debidos a los materiales hacen referencia a las tuberías, los aislamientos etc. Los costes indirectos incluyen a los costes de la ingeniería básica y de detalle del proyecto.

2. ESTADO DE MEDICIONES

Es el conjunto de operaciones realizado sobre cada unidad de obra para obtener su cantidad.

Tiene como misión precisar y determinar las unidades de cada partida o unidad de obra que configuran la totalidad del objeto del presupuesto. La medición es la determinación de las dimensiones de cada **unidad de obra**. Deben incluir el número de unidades y definir las características, modelos, tipos y dimensiones de cada partida de obra o elemento del objeto del proyecto.

Teniendo en cuenta la definición se realiza el estado de mediciones del presente proyecto.

Ítem	Descripción	Unidades
1	Intercambiador de calor de placas Conjunto de placas apiladas con un mínimo espaciado entre ellas. Construidas de acero inoxidable AISI 316. El espesor de cada placa es de 0,5 mm.	1

Ítem	Descripción	Unidades
2	Intercambiador de calor de cuerpo rascado Tiene dos evaporadores cilíndricos de cuerpo rascado. Está compuesto además por el compresor, el condensador refrigerado por aire y la	1

DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO EN FRÍO PARA LA ESTABILIZACIÓN DE VINOS

	<p>válvula de expansión</p> <p>La potencia nominal es de 60000 frigorías/hora.</p> <p>Las tuberías del circuito frigorífico son de cobre.</p> <p>El evaporador tiene un revestimiento de acero inoxidable.</p>	
--	--	--

Ítem	Descripción	Unidades
3	<p>Depósito verticales de estabilización de vino de 66 m³</p> <p>Construidos en acero inoxidable AISI 304, con un acabado 2B.</p> <p>El diámetro es de 3,30 m y la altura es de 8,26 m.</p>	10

Ítem	Descripción	Unidades
4	<p>Depósito verticales de estabilización de vino de 49,50 m³</p> <p>Construidos en acero inoxidable AISI 304, con un acabado 2B.</p> <p>El diámetro es de 3,00 m y la altura es de 7,50 m.</p>	2

DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO EN FRÍO PARA LA ESTABILIZACIÓN DE VINOS

Ítem	Descripción	Unidades
5	<p>Depósito verticales de estabilización de vino de 16,50 m³</p> <p>Construidos en acero inoxidable AISI 304, con un acabado 2B.</p> <p>El diámetro es de 2,08 m y la altura es de 5,20 m.</p>	2

Ítem	Descripción	Unidades
6	<p>Equipo frigorífico TOP AIR ROTVR_Z 081</p> <p>La potencia frigorífica es de 22,40 kW.</p> <p>Está compuesto principalmente por: evaporador, compresor, condensador refrigerado por aire y válvula de expansión.</p> <p>Las tuberías del circuito frigorífico son de cobre.</p>	1

Ítem	Descripción	Unidades
7	<p>Bomba centrífuga monobloc con rodete abierto modelo C/41E</p>	4

DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO EN FRÍO PARA LA ESTABILIZACIÓN DE VINOS

Ítem	Descripción	Unidades
8	Válvulas de asiento de 4 vías	4

Ítem	Descripción	Unidades
9	Válvulas de asiento de 3 vías	36

Ítem	Descripción	Unidades
10	Codos de 90°	27

Ítem	Descripción	Unidades
11	Ensanchamientos	29

Ítem	Descripción	Unidades
12	Estrechamientos	30

Ítem	Descripción	Unidades (m)
13	Tuberías de acero inoxidable AISI 304 DN 2pulgadas	119,44

Ítem	Descripción	Unidades (m ²)
14	Aislamiento de poliestireno extruido para las paredes de la cámara	680

DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO EN FRÍO PARA LA ESTABILIZACIÓN DE VINOS

	isotérmica de 0,16 m de espesor	
--	--	--

Ítem	Descripción	Unidades (m ²)
15	Aislamiento de poliestireno extruido para el techo de la cámara isotérmica de 0,20 m de espesor	273

Ítem	Descripción	Unidades (m ²)
16	Aislamiento de poliestireno extruido para el suelo de la cámara isotérmica de 0,11 m de espesor	273

Ítem	Descripción	Unidades (m)
17	Aislamiento de armaflex para las conducciones	119,44

2.1. PRESUPUESTOS DE LOS EQUIPOS

Equipos de la instalación

Ítem	Descripción	Unidades	Precio unitario (€)	Total (€)
1	Intercambiador de calor de placas	1	12.790,00	12.790,00

Ítem	Descripción	Unidades	Precio unitario (€)	Total (€)
2	Intercambiador de calor de cuerpo rascado	1	60.988,00	60.988,00

Ítem	Descripción	Unidades	Precio unitario (€)	Total (€)
3	Depósito verticales de estabilización de vino de 66 m³	10	11.054,00	110540,00

DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO EN FRÍO PARA LA ESTABILIZACIÓN DE VINOS

Ítem	Descripción	Unidades	Precio unitario (€)	Total (€)
4	Depósito verticales de estabilización de vino de 45 m³	2	9.700,00	19.400,00

Ítem	Descripción	Unidades	Precio unitario (€)	Total (€)
5	Depósito verticales de estabilización de vino de 15m³	2	7.495,00	14.990,00

Ítem	Descripción	Unidades	Precio unitario (€)	Total (€)
6	Equipo frigorífico TOP AIR ROTVR_Z 081	1	8.301	8.301,00

Costes de los equipos de la instalación = 227.009,00 €

Bombas

Ítem	Descripción	Unidades	Precio unitario (€)	Total (€)
7	Bomba centrífuga monobloc con rodete abierto modelo C/41E	4	449,08	1.796,32

Costes de las bombas = 1.796,32 €

Válvulas

Ítem	Descripción	Unidades	Precio unitario (€)	Total (€)
8	Válvulas de asiento de 4 vías	4	211,54	846,16

Ítem	Descripción	Unidades	Precio unitario (€)	Total (€)
9	Válvulas de asiento de 3 vías	36	155,90	5.621,40

Costes de las válvulas = 6.467,56 €

DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO EN FRÍO PARA LA ESTABILIZACIÓN DE VINOS

Tuberías y accesorios

Ítem	Descripción	Unidades	Precio unitario (€)	Total (€)
10	Codos de 90°	27	25,54	689,58

Ítem	Descripción	Unidades	Precio unitario (€)	Total (€)
11	Ensanchamientos	29	30,14	874,06

Ítem	Descripción	Unidades	Precio unitario (€)	Total (€)
12	Estrechamientos	30	33,20	996,00

Ítem	Descripción	Unidades (m)	Precio unitario (€/m)	Total (€)
13	Tuberías de acero inoxidable AISI 304 DN 2 pulgadas	119,44	56,00	6.688,64

Coste de las tuberías y accesorios = 9.248,28 €

Aislamientos

Ítem	Descripción	Unidades (m ²)	Precio unitario (€)	Total (€)
14	Aislamiento de poliestireno extruido para las paredes de la cámara isotérmica de 0,16 m de espesor	680	19,72	13.409,60

Ítem	Descripción	Unidades (m ²)	Precio unitario (€)	Total (€)
15	Aislamiento de poliestireno extruido para el techo de la cámara isotérmica de 0,20 m de espesor	273	24,65	6.729,45

Ítem	Descripción	Unidades (m ²)	Precio unitario (€)	Total (€)
16	Aislamiento de poliestireno extruido para el suelo de la cámara isotérmica de 0,11 m de espesor	273	9,86	2.691,78

Ítem	Descripción	Unidades (m)	Precio unitario (€)	Total (€)
------	-------------	-----------------	---------------------------	-----------

17	Aislamiento de armaflex para las conducciones	119,44	5,40	644,97
----	--	--------	------	--------

Coste de los aislamientos = 23.475,80 €

Estos importes incluyen los montajes mecánicos.

2.2. PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN DEL MATERIAL

	Costes (€)
Equipos de la instalación	227.009,00
Bombas	1.796,32
Válvulas	6.467,56
Tuberías y accesorios	9248,28
Aislamientos	23.475,80
Presupuesto de ejecución del material	267.996,96

2.3. PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN POR CONTRATA

	Costes (€)
Presupuesto de ejecución del material	267.996,96
Gasto generales (13%)	34.839,60
Beneficio industrial del contratista (6%)	16.079,81
Presupuesto de ejecución por contrata	318.916,37

2.4. PRESUPUESTO GENERAL

Al presupuesto de ejecución por contrata se le añade el 18% de I.V.A. dando un valor de 376.321,32 €.

EL IMPORTE TOTAL DEL PRESENTE PROYECTO ASCIENDE A UN
TOTAL DE:

**TRESCIENTOS SETENTA Y SEIS MIL TRESCIENTOS
VEINTIUNO CON TREINTA Y DOS CÉNTIMOS**

Puerto real, junio de 2011

José María Moreno Rodríguez

