

UNIVERSIDADE DA CORUÑA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA Y MÁQUINAS

INGENIERÍA MARINA

MANTENIMIENTO E INSTALACIONES

 UNIVERSIDADE DA CORUÑA

**“INSTALACIÓN FRIGORÍFICA EN ARRASTRERO
CONGELADOR”**

TRABAJO FIN DE GRADO

TFG/GEM/M-21-14

SEPTIEMBRE - 2014

AUTOR: Francisco Javier Trillo vidal

TUTOR: Javier Romero Gómez

TRABAJO FIN DE GRADO

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA Y MÁQUINAS

INGENIERÍA MARINA

MANTENIMIENTO E INSTALACIONES

631G02411 - TRABAJO FIN DE GRADO

D. JAVIER ROMERO GÓMEZ, en calidad de tutor principal, autorizo al alumno D. FRANCISCO JAVIER TRILLO VIDAL, con DNI nº 79.317.585-S a la presentación del presente Trabajo de Fin de Grado titulado:

“INSTALACIÓN FRIGORÍFICA EN ARRASTRERO CONGELADOR”

CONVOCATORIA: SEPTIEMBRE - 2014

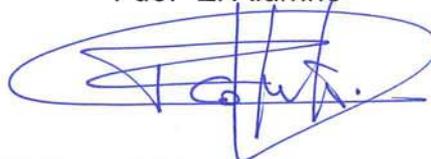
Fdo. El Tutor

**NOMBRE ROMERO
GOMEZ JAVIER -
NIF 44822898S**

Firmado digitalmente por NOMBRE
ROMERO GOMEZ JAVIER - NIF 44822898S
Nombre de reconocimiento (DN): c=ES,
o=FNMT, ou=FNMT Clase 2 CA,
ou=701000361, cn=NOMBRE ROMERO
GOMEZ JAVIER - NIF 44822898S
Fecha: 2014.09.03 10:54:27 +02'00'

Javier Romero Gómez

Fdo. El Alumno



Francisco Javier Trillo Vidal



“INSTALACIÓN FRIGORÍFICA EN ARRASTRERO CONGELADOR”

INDICE GENERAL

GRADO EN INGENIERÍA MARINA

MANTENIMIENTO E INSTALACIONES

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA Y MÁQUINAS

FECHA: **SEPTIEMBRE-2014**

AUTOR: El alumno

Fdo.: Francisco Javier Trillo Vidal

INDICE GENERAL**Página**

1	MEMORIA.	
1.1	Objeto.	4
1.2	Alcance.	4
1.3	Antecedentes.	4
1.3.1	Descripción general del buque.	4
1.3.2	La pesca del arrastre.	5
1.3.3	Producto a capturar y su congelación.	6
1.3.3.1	El fletán.	6
1.3.3.2	La platija.	7
1.3.3.3	El camarón de agua fría	8
1.4	Normas y referencias.	8
1.4.1	Disposiciones legales y normativas aplicables.	8
1.4.2	Bibliografía.	10
1.4.3	Programas de cálculo.	10
1.4.4	Otras referencias.	11
1.5	Definiciones y abreviaturas.	11
1.6	Requisitos de diseño.	17
1.6.1	Capacidad de congelación.	17
1.6.2	Capacidad de conservación.	17
1.6.3	Requisitos técnicos.	18

1.7	Análisis de soluciones.	18
1.7.1	Solución adoptada.	18
1.7.1.1	Túneles de congelación.	18
1.7.1.2	Armario de congelación por placas.	19
1.7.1.3	Bodega y entrepuentes de conservación.	20
1.7.1.4	Datos comunes.	20
1.8	Resultados finales.	21
1.8.1	Soluciones adoptadas en cuanto a circuitos y principio de funcionamiento.	21
1.8.1.1	Principios de refrigeración mecánica.	22
1.8.1.2	Ciclos de refrigeración mecánica.	23
1.8.1.3	Ciclos de compresión.	24
1.8.1.4	Sistema de condensación.	26
1.8.1.5	Sistema de evaporación.	27
1.8.1.6	Túneles de congelación.	28
1.8.1.7	Evaporadores de túneles de congelación.	31
1.8.1.8	Ventiladores de túneles de congelación.	32
1.8.1.9	Armario de congelación por placas.	33
1.8.1.10	Evaporadores de bodega y entrepuentes.	36
1.8.1.11	Válvulas de expansión termostática.	37
1.8.1.12	Sistema de desescarche.	38
1.8.1.13	Tuberías de refrigerante.	38
1.8.1.14	Mecanismos de regulación y control.	39

E.T.S.N.M.	INGENIERO MARINO – MANTENIMIENTO E INSTALACIONES	TFG/GEM/M-21-14
1.8.1.15	Programas de cálculo.	40
1.8.2	Aislamiento térmico de los recintos.	40
1.8.3	Instalaciones eléctricas.	42
1.8.3.1	Previsión de consumo de potencia eléctrica.	42
1.8.3.2	Generalidades.	42
1.8.3.3	Prescripciones especiales.	43
1.8.3.4	Cuadro eléctrico.	43
1.9	Orden de prioridad de los documentos básicos.	44

2 ANEXOS.

2.1	<u>ANEXO 1</u> ; Cálculo del aislamientos térmico de los recintos	4
2.1.1	Cálculo de los coeficientes de convección y conducción de transmisión de calor.	4
2.1.1.1	Cálculo de los coeficientes de conducción de transmisión de calor.	4
2.1.1.2	Cálculo de los coeficientes de convección de transmisión de calor.	4
2.1.1.2.1	Coeficientes de convección interiores.	5
2.1.1.2.2	Coeficientes de convección exteriores.	5
2.1.1.2.2.1	Túneles de congelación.	5
2.1.1.2.2.2	Bodegas de conservación.	9
2.1.1.2.2.3	Entrepuesto de carga.	11
2.1.1.2.2.4	Entrepuesto de cartonaje.	12
2.1.2	Cálculo de los espesores del aislamiento en los distintos recintos.	15
2.1.2.1	Cálculo del espesor del aislamiento fijando el flujo de calor máximo permitido de un túnel.	15
2.1.2.2	Cálculo del espesor del aislamiento fijando el flujo de calor máximo permitido de la bodega de conservación.	20
2.1.2.3	Cálculo del espesor de aislamiento fijando el flujo de calor máximo permitido en los entrepuentes conservación.	24
2.2	<u>ANEXO 2</u> ; Cálculo de los balances térmicos de los servicios.	26
2.2.1	Cálculo del balance térmico de un túnel de congelación.	26

2.2.2	Cálculo del balance térmico del armario de congelación por placas.	29
2.2.3	Cálculo del balance térmico de la bodega de conservación.	33
2.2.4	Cálculo del balance térmico del entrepuente de carga.	36
2.2.5	Cálculo del balance térmico del entrepuente de cartonaje.	39
2.3	<u>ANEXO 3</u> ; Cálculo-selección de los equipos frigoríficos principales.	42
2.3.1	Selección de los compresores.	42
2.3.2	Cálculo y selección de los condensadores y bombas de agua de mar para dar servicio a los mismos.	48
2.3.2.1	Cálculo de los condensadores y bombas de agua para el circuito de congelación formado por dos unidades compresoras F160VSD*HE.	48
2.3.2.2	Cálculo del condensador y bomba de agua para el circuito de conservación formado por una unidad compresora F125SUD*HE.	49
2.3.3	Cálculo y selección de los evaporadores de túneles de congelación, ventiladores de túneles y evaporadores de bodega y entrepuentes.	60
2.3.3.1	Cálculo y selección de los evaporadores de túneles.	60
2.3.3.2	Cálculo y selección de electroventiladores de túneles.	62
2.3.3.3	Cálculo y selección de evaporadores de bodega y entrepuentes.	67
2.3.4	Cálculo de la carga de refrigerante y del recipiente de líquido.	70
2.3.4.1	Cálculo de la carga de refrigerante.	70
2.3.4.2	Cálculo del recipiente de líquido.	72

E.T.S.N.M.	INGENIERO MARINO – MANTENIMIENTO E INSTALACIONES	TFG/GEM/M-21-14
2.3.5	Cálculo de las válvulas de expansión y válvulas solenoides.	73
2.3.5.1	Cálculo de las válvulas de expansión.	73
2.3.5.2	Cálculo de las válvulas solenoides.	79
2.3.6	Cálculo de las válvulas de seguridad y tuberías de descarga (alivio).	84
2.3.6.1	Cálculo y selección de las válvulas de seguridad.	86
2.3.6.2	Cálculo de la tubería de descarga de las válvulas de seguridad.	88
2.4	<u>ANEXO 4</u> ; Cálculo de tuberías de la instalación.	90
2.4.1	Cálculo de tuberías de aspiración.	90
2.4.2	Cálculo de tuberías de líquido.	95
2.4.3	Cálculo de tuberías de descarga.	101
2.4.4	Cálculo de otras líneas.	107

3 PLANOS

3.1	PLANO N°1. Disposición general del buque	4
3.2	PLANO N°2. Disposición de equipos en sala de máquinas	5
3.3	PLANO N°3. Planos de los túneles de congelación	
3.3.1	Disposición general de los túneles en el buque	6
3.3.2	Disposición en planta del túnel	7
3.3.3	Sección longitudinal del túnel A-A´	8
3.3.4	Secciones transversales del túnel B-B´ y C-C´	9
3.3.5	Detalle bandejeros túneles	10
3.4	PLANO N°4. Esquema frigorífico	11
3.5	PLANO N°5. Esquema eléctrico	12
3.6	PLANO N°6. Planos de equipos	
3.6.1	Empacho unidad MYCOM mod. F160	39
3.6.1.1	Circuito aceite unidad MYCOM mod. F160	40
3.6.2	Empacho unidad MYCOM mod. F125	41
3.6.2.1	Circuito aceite unidad MYCOM mod. F125	42
3.6.3	Recipiente de líquido	43
6.4	Bombas de agua de mar para la condensación	
3.6.4.1	Bomba MN-50/125-132S	44
3.6.4.2	Bomba MN-40/125-112M	45
3.6.5	Condensadores multitubulares marinos	
3.6.5.1	Condensador CFB-32-18,9-2/92	46

E.T.S.N.M.	INGENIERO MARINO – MANTENIMIENTO E INSTALACIONES	TFG/GEM/M-21-14
3.6.5.2	Condensador CFB-24-15-2/56	47
3.7.	PLANO Nº 7. Disposición de serpentines en bodegas	
3.7.1	Plano de disposición de serpentines en entrepuentes	48
3.7.2	Plano de disposición de serpentines en bodegas	49
3.8	PLANO Nº 8. Armario de congelación por placas	
3.8.1	Plano de estructura del armario	50
3.8.2	Plano general del armario	51
3.8.3	Plano de detalles del armario	52
3.9	PLANO Nº 9. Esquema de agua de mar de condensación	53

4 PLIEGO E CONDICIONES.

4.1	Objeto.	4
4.2	Contenido.	4
4.2.1	Especificaciones de los materiales y equipos de la instalación frigorífica.	4
4.2.1.1	Circuito de túneles y armario de congelación.	4
4.2.1.2	Circuito de bodegas y entrepuentes de conservación.	9
4.2.1.3	Elementos comunes.	12
4.2.1.4	Bandejeros, soportes de ventiladores y chapas deflectoras, para los túneles de congelación.	13
4.2.1.5	Otros accesorios y componentes necesarios para completar la instalación frigorífica.	14
4.2.1.6	El refrigerante de la instalación, el R-404A.	15
4.2.1.7	Tuberías.	22
4.2.1.8	Estructuras metálicas y polines.	25
4.2.1.9	Soldaduras.	25
4.2.1.10	Aislamientos térmicos.	25
4.2.1.11	Condiciones generales que deben reunir los proveedores de los equipos y las empresas instaladoras.	26
4.2.1.12	Condiciones que deben reunir los materiales en general.	28
4.2.2	Reglamentación y normativa.	29
4.2.2.1	Criterios de la sociedad de clasificación ABS, sobre el sistema de refrigeración.	30

E.T.S.N.M.	INGENIERO MARINO – MANTENIMIENTO E INSTALACIONES	TFG/GEM/M-21-14
4.2.2.2	Cumplimiento del Reglamento de Seguridad para plantas e Instalaciones Frigoríficas.	34
4.2.3	Condiciones de índole facultativa.	39
4.2.3.1	Condiciones relativas a la dirección facultativa.	39
4.2.3.2	Condiciones relativas a la propiedad.	41
4.2.3.3	Condiciones relativas al contratista o empresa instaladora.	41
4.2.3.4	Condiciones referentes a aspectos económicos.	45
4.2.3.5	Condiciones referentes a plazos.	46
4.2.3.6	Medición definitiva de los trabajos y liquidación final de la obra.	47
4.2.3.7	Plazo de garantía.	47

5 ESTADO DE MEDICIONES y PRESUPUESTO

5.1	Presupuestos parciales	3
5.1.1	Equipos frigoríficos	3
5.1.1.1	Elementos para el circuito de túneles y armario de congelación	3
5.1.1.2	Elementos para el circuito de bodegas y entrepuentes	6
5.1.1.3	Elemento comunes	8
5.1.2	Elementos auxiliares	10
5.1.2.1	Bandejeros y soportes de túneles	10
5.1.3	Mano de obra	11
5.1.4	Equipos de seguridad	12
5.1.5	Tuberías y primeras cargas de refrigerante y aceite	13
5.2	Resumen presupuesto	14



“INSTALACIÓN FRIGORÍFICA EN ARRASTRERO CONGELADOR”

MEMORIA

GRADO EN INGENIERÍA MARINA

MANTENIMIENTO E INSTALACIONES

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA Y MÁQUINAS

FECHA: **SEPTIEMBRE-2014**

AUTOR: El alumno

Fdo.: Francisco Javier Trillo Vidal

INDICE MEMORIA**Página**

1	MEMORIA.	
1.1	Objeto.	4
1.2	Alcance.	4
1.3	Antecedentes.	4
1.3.1	Descripción general del buque.	4
1.3.2	La pesca del arrastre.	5
1.3.3	Producto a capturar y su congelación.	6
1.3.3.1	El fletán.	6
1.3.3.2	La platija.	7
1.3.3.3	El camarón de agua fría	8
1.4	Normas y referencias.	8
1.4.1	Disposiciones legales y normativas aplicables.	8
1.4.2	Bibliografía.	10
1.4.3	Programas de cálculo.	10
1.4.4	Otras referencias.	11
1.5	Definiciones y abreviaturas.	11
1.6	Requisitos de diseño.	17
1.6.1	Capacidad de congelación.	17
1.6.2	Capacidad de conservación.	17
1.6.3	Requisitos técnicos.	18

E.T.S.N.M.	INGENIERO MARINO – MANTENIMIENTO E INSTALACIONES	TFG/GEM/M-21-14
1.7	Análisis de soluciones.	18
1.7.1	Solución adoptada.	18
1.7.1.1	Túneles de congelación.	18
1.7.1.2	Armario de congelación por placas.	19
1.7.1.3	Bodega y entrepuentes de conservación.	20
1.7.1.4	Datos comunes.	20
1.8	Resultados finales.	21
1.8.1	Soluciones adoptadas en cuanto a circuitos y principio de funcionamiento.	21
1.8.1.1	Principios de refrigeración mecánica.	22
1.8.1.2	Ciclos de refrigeración mecánica.	23
1.8.1.3	Ciclos de compresión.	24
1.8.1.4	Sistema de condensación.	26
1.8.1.5	Sistema de evaporación.	27
1.8.1.6	Túneles de congelación.	28
1.8.1.7	Evaporadores de túneles de congelación.	31
1.8.1.8	Ventiladores de túneles de congelación.	32
1.8.1.9	Armario de congelación por placas.	33
1.8.1.10	Evaporadores de bodega y entrepuentes.	36
1.8.1.11	Válvulas de expansión termostática.	37
1.8.1.12	Sistema de desescarche.	38
1.8.1.13	Tuberías de refrigerante.	38
1.8.1.14	Mecanismos de regulación y control.	39

E.T.S.N.M.	INGENIERO MARINO – MANTENIMIENTO E INSTALACIONES	TFG/GEM/M-21-14
1.8.1.15	Programas de cálculo.	40
1.8.2	Aislamiento térmico de los recintos.	40
1.8.3	Instalaciones eléctricas.	42
1.8.3.1	Previsión de consumo de potencia eléctrica.	42
1.8.3.2	Generalidades.	42
1.8.3.3	Prescripciones especiales.	43
1.8.3.4	Cuadro eléctrico.	43
1.9	Orden de prioridad de los documentos básicos.	44

1 MEMORIA.

1.1 Objeto.

Este proyecto tiene por objeto definir y justificar todos los elementos constructivos y técnicos de la instalación de frío industrial para un buque arrastrero congelador destinado a manipular, envasar y congelar pescado en el alta mar principalmente en aguas del caladero de la N.A.F.O.

No son objeto de este proyecto la definición y cálculos de las demás instalaciones que afecten a la instalación frigorífica, como son: instalación contraincendios, electricidad, fontanería y/o calderería de agua de mar para la alimentación de los condensadores, etc... dichas instalaciones serían objeto de proyecto general del buque.

1.2 Alcance.

Quedan dentro del alcance del presente proyecto el diseño, cálculo y definición de los diferentes elementos que componen la instalación frigorífica así como la especificación de materiales, componentes, equipos y condiciones de montaje:

Los diferentes apartados a definir serán los siguientes:

Circuitos de la instalación frigorífica

Túneles de congelación.

Armario de placas.

Bodegas para la conservación del pescado.

Control de los distintos equipos.

1.3 Antecedentes.

1.3.1 Descripción general del buque.

El buque será un barco de acero proyectado para la pesca de arrastre por popa.

El buque dispondrá de proa lanzada con bulbo. La zona del buque reservada a bodegas estará situada hacia el centro-proa del buque.

La cámara de máquinas se dispondrá a popa. El buque estará propulsado por un motor diesel, que irá acoplado a una hélice de paso controlable a través de un reductor.

El buque es un arrastrero congelador por popa de 48.50 m de eslora, tiene la base en Vigo y está diseñado principalmente para la pesca del fletan y diferentes peces planos en los caladeros de la N.A.F.O. Como equipo de pesca en la popa tiene dispuesta una rampa para el largado e izado de la red de arrastre que remata en la cubierta superior, tiene un pórtico a popa para el largado e izado del arte donde apoyan las dos pastecas de arrastre, así como dos palos, uno central y otro para maniobras de volteo del copo y para maniobras auxiliares. Para la manipulación, procesado conservación está dotado de un parque de pesca compuesto de canaletas, cinta transportadora, maquina desolladora, etc... necesarias para el proceso de eviscerado y lavado del pescado para su posterior congelación. Las capturas son congeladas en tres túneles y un armario de placas Estas capturas, una vez congeladas, se conservan en una bodega y dos entrepuentes a una temperatura de -25°C.

Este buque, es un buque real, es el buque RIO CAXIL, construido por el astillero marines de NODOSA, en el año 2003.

Se adjunta plano de Disposición General que complementa a la Especificación.

1.3.2 La pesca del arrastre.

El arte de arrastre es un arte remolcado de forma natural ó mecánica desde una o dos embarcaciones que buscan y atraviesan los bancos de peces para atraparlos. El arte de arrastre se realiza mediante una gran bolsa de red de altura variable, que por diversos medios se mantiene abierta, y existen numerosas modalidades según las especies objeto de pesca. Los más extendidos son el arrastre de fondo y el arrastre de medio fondo.

En el arrastre de fondo, tal como se puede comprobar en la (Fig.- 1.3.2.1) se basa en una red construida con forma de cono que es arrastrada (por una o dos naves) sobre el fondo marino. La parte final o trasera de la red se conoce como copo, y su función es retener la captura. Está diseñada y aparejada para capturar especies que viven sobre o cerca del fondo marino. En las aguas del Canadá (donde se prevé como zona de pesca de este buque, se utilizan estos artes para capturar bacalao, eglefino, carbonero, merluza americana y las diversas especies de peces planos.

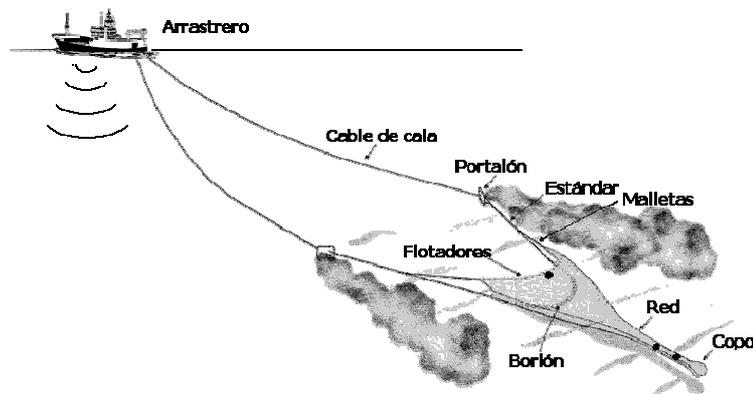


Figura 1.3.2.1.- Esquema-ejemplo de pesca con arrastre de fondo.

El buque en cuestión, está concebido con el propósito de utilizar un arte para el arrastre de fondo y la finalidad de éste es principalmente la pesca del bacalao y otros demersales en aguas de Terranova, aunque por las características que tiene, es válido para faenar en otras aguas, como las de Noruega o Gran Sol. No obstante, a continuación se describen algunas características del producto a pescar.

1.3.3 Producto a capturar y su congelación.

El producto a capturar por el arrastrero, objeto de este proyecto serán un 90% de peces planos tales como; fletan, platija, etc...y un 10% de mezcla de mariscos como por ejemplo el camarón del norte.

1.3.3.1 Fletan

El halibut del Atlántico es conocido con el nombre de fletan. Pertenece a la familia de los pleuronéctidos, en la que se incluyen otros peces conocidos como la platija. En ocasiones se vende como equivalente al lenguado y, como se presenta de forma frecuente en filetes, resulta difícil para el consumidor poder identificarlo.

Fletan o halibut, *Hippoglossus hippoglossus* (Fig.- 1.3.3.1.1) y fletan negro o halibut negro, *Reinhardtius hippoglossoides* (Fig.- 1.3.3.1.2), son peces de tamaño variable que va desde los 3 kg. a los 56 kg, es un habitante de aguas profundas.

Son especies procedentes del Atlántico Norte, Canadá y Alaska muy presentes en nuestro mercado y, sin embargo, poco conocidas por su auténtica denominación comercial.



Figura 1.3.3.1.1.- Fletan ó *Halibut* Figura 1.3.3.1.2.- Fletán negro ó *Halibut* negro

Generalmente aparecen en forma de filetes frescos y congelados con una carne blanca de gran aceptación culinaria, aunque no sea comparable su textura con la del lenguado europeo o el gallo.

El halibut habita en las aguas del Atlántico noroccidental y del Atlántico oriental, desde el golfo de Vizcaya hasta el mar Blanco (un entrante del mar de Barents en la costa noroeste de Rusia), pasando por el mar del Norte.

1.3.3.2 **Platija.**



Figura 1.3.3.2.1.- Platija

La platija o *Pleuronectes platessa* (Fig.- 1.3.3.2.1), es un pez con cuerpo oval cubierto de pequeñas escamas, con los ojos en el costado derecho, tras ellos una línea de 4 a 7 verrugas óseas hasta llegar a la línea lateral, de color marrón con manchas rojizas bordeadas de amarillo-naranja, la cara inferior es blanca y puede tener manchas oscuras. Puede llegar a los 90 cm, pero no suele sobrepasar los 40 cm.

Se encuentran a una profundidad de hasta 200 m sobre los fondos arenosos y frecuentemente se adentran en los estuarios.

1.3.3.3 El camarón de agua fría.

El camarón de agua fría se conoce también por otros nombres: camarón de bahía, camarón pequeño, camarón bebé, camarón rosa y camarón de ensalada.

Esta especie cosechada en ambientes silvestres de los mares de Groelandia, Islandia, Noruega y las costas estadounidenses de Alaska, Washington, Oregon y Maine. Su cáscara es brillante, rojiza – rosada, tanto crudo como cocinado. La carne es blanca con tonos que varían desde el rosa pálido hasta un rosa más oscuro.

1.4 Normas y referencias.

1.4.1 Disposiciones legales y normativas aplicables.

La elaboración del presente proyecto se ha desarrollado según el siguiente conjunto de normas:

- El buque con todo su equipo y maquinaria se construirá bajo la vigilancia de la Inspección de Buques, y de acuerdo a la Regla 2 del cap. 1 del SOLAS, por pertenecer el buque al grupo 111, clase "R".

- El proyecto y la construcción del buque cumplirán con las normas y reglas de la sociedad de clasificación American Bureau Veritas "ABS". (Pesca de gran altura).
- El desarrollo de las normas y reglas de la sociedad de clasificación American Bureau Veritas "ABS" en su apartado referente a instalaciones y posición de maquinaria de refrigeración y refrigerantes esta desarrollado en el pliego de condiciones.
- La instalación frigorífica deberá ajustarse en todo momento a lo prescrito por el vigente "REGLAMENTO DE SEGURIDAD PARA PLANTAS E INSTALACIONES FRIGORÍFICAS" (REAL DECRETO 3099/1977, de 8 de septiembre) y sus Instrucciones Técnicas Complementarias denominadas MI IF así como las siguientes modificaciones:
 - Reglamento de seguridad para instalaciones frigoríficas e instrucciones técnicas complementarias. Proyecto de Real Decreto 10.37 E 71-5 de 10 de Junio.
 - Asimismo los recipientes de líquido y demás recipientes del sector de alta presión de la instalación cumplirán el "REGLAMENTO DE APARATOS A PRESION" del Ministerio de Industria y Energía, e Inspección de Buques.
 - Reglamento de equipos a presión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias. Real Decreto 2060/2008 de 12 de Diciembre.
 - Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias. Real Decreto 560/2010, de 7 de Mayo.
 - Protocolo de Montreal relativo a las sustancias que agotan la capa de Ozono. 22ª reunión. Bangkok, Noviembre de 2010.
 - Normas ISO de aplicación.
 - Cualquier otra normativa o reglamentación, aplicables a este tipo de instalaciones.

1.4.2 Bibliografía

Para la realización de este proyecto se consultaron las siguientes fuentes bibliográficas:

- Yunus A. Çengel, Michael A. Boles, “TERMODINÁMICA” editorial Mc Graw Hill, 2009 ISBN 978-970-10-7286-8.
- Juan Antonio Ramirez, “REFRIGERACIÓN”, Editorial Ceac, 1994, ISBN 84-329-6521-9.
- P. J. Rapín, “INSTALACIONES FRIGORÍFICAS”. Editorial Marcombo, 1990, ISBN 84-267-0348-8.
- M^a Teresa y Sánchez y Pineda de los Infantes. INGENIERIA DEL FRIO: TEORIA Y PRACTICA. AMV Ediciones, 2001.
- MANUAL DEL TÉCNICO FRIGORISTA. Sociedad Danesa de fabricantes de maquinaria frigorífica. Editorial Acribia.
- PRINCIPIOS DE REFRIGERACIÓN. Ray J.Dorsat. Compañía editorial continental S.A.

1.4.3 Programas de cálculo.

- BpFRIO. Programa para realizar el cálculo de balances térmicos de cámaras de conservación y túneles de congelación.
- DIRCALCTM 1.26. Programa para realizar el cálculo de los diámetros e tuberías adecuados, valvulería, etc.
- COOLSELECTOR. Programa para realizar el cálculo de las válvulas de expansión y las válvulas solenoides.
- MYCOM 14.2epME. Programa de selección de los compresores MYCOM.

- Otros programas informáticos usados: AUTOCAD, WORD y EXCEL.

1.4.4 Otras referencias.

También se consultaron las siguientes páginas web como fuentes de información y selección de material.

- <http://www.frimarte.com/>
(Fechas de consulta: Agosto 2014)
- <http://www.learning.danfoss.com/spanish>
(Fechas de consulta: 27-28 / 08 / 2014)
- <http://www.mayekwa.es>
(Fechas de consulta: 26-27 / 08 / 2014)

1.5 Definiciones y abreviaturas.

En el desarrollo del proyecto se utilizaran las siguientes abreviaturas:

- R-404A: Refrigerante formado por una mezcla zeotrópica, a base de HFC
- Caudal: Caudal, expresado generalmente en m³/h.
- p: Presión, expresada generalmente en bar.
- T: Temperatura, expresada generalmente en °C.
- v: Volumen específico, expresado generalmente en m³/kg.
- Sup.: Superficie, expresada en m²
- Capac. Frig. Potencia frigorífica necesaria expresada en kW.
- Pot_compresor: Energía necesaria por el compresor, en kW.

La terminología usada en el proyecto la define la ITC-MI-IF 01 como:

- Sistemas de refrigeración: Conjunto de componentes interconectados que contienen refrigerante y que constituyen un circuito frigorífico cerrado, en el cual el refrigerante circula con el propósito de extraer o ceder calor (es decir, enfriar o calentar) a un medio externo al circuito frigorífico.
- Carga de refrigerante: La especificada en la placa o etiquetado del equipo o en su defecto la máxima cantidad de refrigerante que admita el equipo para su correcto funcionamiento.
- Sector de alta presión: Parte de un sistema de refrigeración que trabaja, aproximadamente, a la presión de condensación.
- Sector de baja presión: Parte del sistema de refrigeración que trabaja, aproximadamente, a la presión de evaporación.
- Sala de máquinas específica: Local o recinto, no accesible al público, especialmente previsto para contener, por razones asociadas con la seguridad y protección del medio ambiente, componentes del sistema de refrigeración, exceptuándose como tal cuando solo contiene evaporadores, condensadores o tuberías. No tendrá consideración de espacio, local o recinto habitado a los efectos de establecer la carga máxima de refrigerante en la instalación frigorífica.
- Cámara frigorífica: Recinto o mueble cerrado, dotado de puertas herméticas, mantenido por un sistema de refrigeración, y destinado a la conservación de productos. No tendrá consideración de espacio habitado u ocupado.
- Presión absoluta. Presión referida al vacío absoluto.
- Presión relativa (manométrica): Presión cuyo valor es igual a la diferencia algebraica entre la presión absoluta y la presión atmosférica.
- Presión de diseño: Presión elegida para determinar la presión de cálculo de cada componente.
- Presión de prueba de estanqueidad: Presión que se aplica para verificar que un sistema o cualquier parte del mismo es estanco.

- Presión de prueba de resistencia: Presión que se aplica para comprobar que un sistema o cualquier parte o componente del mismo es capaz de soportar dicha presión sin que se produzcan deformaciones permanentes, roturas o fugas.
- Presión máxima admisible: Presión máxima para la que está diseñado el equipo, especificada por el fabricante.
- Instalación frigorífica: Conjunto de los componentes de uno o varios sistemas de refrigeración y de todos los elementos necesarios para su funcionamiento (cuadro y cableado eléctrico, circuito de agua, etc.). Incluye los sistemas de refrigeración de cualquier dimensión, comprendidos los utilizados en acondicionamiento de aire y en bombas de calor, así como los sistemas secundarios de enfriamiento y los de calefacción generada por equipos frigoríficos (incluidas las bombas de calor).
- Componentes frigoríficos: Elementos que forman parte del sistema de refrigeración, por ejemplo, compresor, condensador, generador, adsorbedor, depósito de líquido, evaporador, separador de partículas de líquido, etc.
- Compresor: Máquina que incrementa mecánicamente la presión de un vapor o de un gas.
- Compresor de desplazamiento positivo (volumétrico): Compresor en el que la compresión se obtiene por variación del volumen interior de la cámara de compresión.
- Compresor abierto: Compresor con el eje de transmisión que atraviesa la carcasa estanca que contiene al refrigerante.
- Equipos a presión: Cualquier parte del sistema de refrigeración que contiene refrigerante, exceptuando: Compresores. Bombas. Componentes de un sistema de absorción hermético. Evaporadores, en los que cada sección por separado no supere en más de 15 dm^3 el volumen que contiene refrigerante. Serpentes y baterías construidos exclusivamente con tubos. Tuberías y sus válvulas, uniones y accesorios. Dispositivos de control. Colectores y otros componentes que tengan un diámetro interno no superior a 152 mm. Y un volumen interior neto no superior a 100 dm^3 .

- Condensador: Intercambiador de calor en el que refrigerante en fase de vapor se licua por cesión de calor.
- Recipiente de líquido: Recipiente conectado permanentemente al sistema mediante tuberías de entrada y salida, utilizado para acumulación de refrigerante líquido.
- Evaporador: Intercambiador de calor en el cual el refrigerante líquido se vaporiza por absorción de calor procedente del medio a enfriar.
- Intercambiador de calor: Equipo para transferir calor entre dos fluidos sin que estos entren en contacto directo.
- Serpentin: Parte del sistema de refrigeración construido con tubos curvos o rectos convenientemente conectados, que sirve como intercambiador de calor (evaporador, condensador, etc.).
- Dispositivo de expansión: Elemento que permite y regula el paso del refrigerante líquido desde un estado de presión más alto a otro más bajo. Se consideran como tales las válvulas de expansión (manuales, termostáticas y electrónicas), los tubos capilares, los flotadores de alta, etc.
- Separador de aceite: Equipo a presión colocado en la descarga del compresor para separar y recuperar el aceite empleado en la lubricación del compresor.
- Volumen interior bruto: Volumen calculado conforme a las dimensiones interiores del recipiente, sin tener en cuenta el volumen ocupado por cualquier parte interna.
- Volumen interior neto: Volumen calculado conforme a las dimensiones interiores del recipiente deducido el volumen ocupado por las partes internas.
- Red de tuberías: Tuberías o tubos (incluidas mangueras, compensadores o tubería flexible) para la interconexión de las diversas partes de un sistema de refrigeración.
- Unión por soldadura: Unión obtenida por ensamblaje de partes metálicas en estado plástico o de fusión.

- Dispositivo de seccionamiento (válvula de corte): Dispositivo para abrir o cerrar el flujo de fluido; por ejemplo, refrigerante, salmuera.
- Válvulas de interconexión: Pares de válvulas de cierre que aíslan partes del circuito frigorífico y están dispuestas para que estas secciones puedan unirse antes de la apertura de las válvulas o separarse después de cerrarlas.
- Dispositivo de alivio de presión: Elemento diseñado para liberar o evacuar automáticamente el exceso de presión de un sistema frigorífico al exterior o a otro sector de presión más baja.
- Válvula de alivio de presión: Válvula accionada por presión que se mantiene cerrada mediante un resorte u otros medios y que está diseñada para liberar o evacuar el exceso de presión de forma automática, al abrir a una presión no superior a la máxima admisible y cerrar de nuevo una vez que la presión haya descendido por debajo del valor admisible.
- Presostato automático: Dispositivo de desconexión de rearme automático, que se denomina PSH para protección contra una presión alta y PSL para protección contra una presión baja.
- Presostato con rearme manual: Dispositivo de desconexión de rearme manual sin ayuda de herramientas, denominado PZH si la protección es contra una presión alta y PZL si la protección es contra una presión baja.
- Presostato de seguridad con bloqueo mecánico: Dispositivo de desconexión accionado por presión, con bloqueo mecánico y rearme manual, únicamente con la ayuda de una herramienta. Se denomina PZHH si la protección es contra una presión muy alta y PZLL si la protección es contra una presión muy baja.
- Refrigerante (fluido frigorígeno): Fluido utilizado en la transmisión de calor que, en un sistema de refrigeración, absorbe calor a bajas temperatura y presión, cediéndolo a temperatura y presión más elevadas. Este proceso tiene lugar, generalmente, con cambios de fase del fluido.
- Refrigerante fluorado: Se entiende por refrigerantes fluorados aquellos que contengan alguna de las sustancias enumeradas en los grupos I, II, III, VII, VIII y IX del anexo I del Reglamento (CE) nº 1005/2009 del Parlamento Europeo y del

Consejo de 16 de septiembre de 2009 sobre sustancias que agotan la capa de ozono o de las enumeradas en el anexo I del Reglamento (CE) n.º 842/2006 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 17 de mayo.

- Zeotropo o mezcla zeotrópica: Mezcla de fluidos refrigerantes cuyas fases vapor y líquido en equilibrio y a cualquier presión poseen distinta composición.

- Toxicidad: Propiedad de una sustancia que la hace nociva o letal para personas y animales debido a una exposición intensa o prolongada por contacto, inhalación o ingestión. Nota: No se considera nocivo todo malestar temporal que no perjudica a la salud.

- HFC: halocarbono parcialmente halogenado que contiene hidrógeno, flúor y carbono.

- Potencial de agotamiento de la capa de ozono (PAO) en inglés ODP (Ozone Depletion potential): Parámetro adimensional que mide el potencial de agotamiento de la capa de ozono estratosférico de la unidad de masa de una sustancia en relación con la del R-11 que se adopta como unidad.

- Potencial de Calentamiento Atmosférico (PCA) en inglés GWP (Global Warming Potential): Parámetro que mide el potencial de calentamiento atmosférico producido por un kilo de toda sustancia emitida a la atmósfera, en relación con el efecto producido por un kilo de dióxido de carbono, CO₂, que se toma como referencia, sobre un tiempo de integración dado. Cuando el tiempo de integración es de 100 años se indica con PCA 100.

- TEWI (TOTAL EQUIVALENT WARMING IMPACT) Impacto total equivalente sobre el calentamiento atmosférico: Es un parámetro que evalúa la contribución total al calentamiento atmosférico producido durante su vida útil por un sistema de refrigeración utilizado. Engloba la contribución directa de las emisiones de refrigerante a la atmósfera y la indirecta debida a las emisiones de CO₂ (dióxido de carbono) consecuencia de la producción de energía necesaria para el funcionamiento del sistema de refrigeración durante su período de vida útil. Se expresa en kilogramos equivalentes de CO₂.

- Deslizamiento (en inglés, glide): Es la diferencia, en valor absoluto, de temperatura existente, en el proceso isobárico de ebullición o condensación de una mezcla de refrigerantes, entre la temperatura del punto de burbuja y la temperatura del punto de rocío.
- Temperatura del punto de burbuja: Es la temperatura en la que una mezcla zeotrópica de refrigerantes en fase líquida subenfriada sometida a calentamiento isobárico inicia su ebullición.
- Temperatura del punto de rocío: Es la temperatura en la que una mezcla zeotrópica de refrigerante en fase gaseosa recalentada sometida a enfriamiento isobárico inicia su condensación.
- Puesta en marcha: Acción de poner a punto y en servicio una instalación en correcto funcionamiento.

1.6 Requisitos de diseño.

Los requisitos del diseño en este caso, vienen única y exclusivamente de la empresa armadora del barco. El armador del buque quiere una instalación frigorífica con capacidad para:

1.6.1 Capacidad de congelación.

Una instalación con capacidad para congelar pescado previamente seleccionado, entre 20 y 25 toneladas día de pescado en túneles de congelación de no más de 2.000 Kg/ciclo.

Un armario de congelación por placas, con capacidad para congelar aproximadamente entre 700 y 900 Kg/ciclo de mezcla de pescado (sin seleccionar).

1.6.2 Capacidad de conservación.

La conservación del pescado una vez congelados, se realizará en entre la bodega del buque y dos entrepuentes dispuestos en la cubierta principal del buque; un entrepuente de carga y otro entrepuente de cartonaje, que una vez llenos los dos espacios anteriores, también se usará como entrepuente de carga.

La capacidad de almacenaje de estos espacios será lo mayor posible, pero es una labor del astillero constructor, en colaboración con el armador definir el volumen final e las mismas.

La temperatura de conservación del pescado congelados en todas ellas deberá ser aproximadamente -25°C .

1.6.3 Requisitos técnicos.

Los únicos requisitos técnicos impuestos por el armador del buque, es que el refrigerante usar sea un refrigerante alogenado, tipo R-404a o R-507A, y que los compresores de la instalación sean de la marca MYCOM.

1.7 Análisis de soluciones.

1.7.1 Solución adoptada.

Teniendo en cuenta los requisitos del armador del buque, y considerando que con estas soluciones se cumplen todos sus requisitos, se ha decidido instalar una instalación frigorífica formada por:

1.7.1.1 Túneles de congelación.

Teniendo en cuenta los requisitos del armador y basándonos en el producto a capturar y su congelación se ha decidido instalar en el buque unos equipos frigoríficos adecuados para la congelación del pescado capturado y la conservación del mismo en las bodegas.

El pescado se congelará en 3 túneles que trabajarán por expansión directa del refrigerante R-404A en los frigorígenos y circulación forzada del aire a través del mismo. Los túneles tendrán una capacidad de congelación de 2000 kg./ciclo y capacidad total de congelación de 24 Tn./día. Trabaja con un número de ciclos por túnel de 3 con la duración estimada del ciclo de 7 horas.

El pescado capturado entrará en los túneles a +15 °C y conseguirá una temperatura final en espina de -18 °C.

TUNELES DE CONGELACIÓN.

Nº de túneles	3.
Capacidad de congelación túnel	2.000 Kg./ciclo.
Capacidad total de congelación	18 Tn./día.
Número de ciclos por túnel	3
Duración estimada del ciclo	7 Horas.
Temperatura de entrada del pescado	+ 15 °C.
Temperatura final en espina	- 18 °C.

1.7.1.2 Armario de congelación por placas.

Para la congelación de la mezcla de pescado y teniendo en cuenta los requisitos del armador, se instalará un armario de congelación por placas con una capacidad 810 kg./ciclo con un tiempo estimado de congelación de 120 min, Trabaja con un número de 10 ciclos al día aproximadamente y con una capacidad de congelación total en 24 horas de 8,1 Toneladas.

El pescado capturado entrará en el armario a +15 °C y saldrá a una temperatura final de -18 °C.

ARMARIO DE CONGELACION POR PLACAS.

Nº de armarios	1.
Capacidad	810 Kg./ciclo.

Tiempo estimado de congelación	120	min.
Nº de ciclos día	10	aprox.
Capacidad de congelación total en 24 h	8,1	Ton.
Temperatura de entrada del pescado	+15	°C.
Temperatura de salida del pescado	-18	°C.

1.7.1.3 Bodega y entrepuentes de conservación de congelados.

Después de congelar el pescado capturado se conservará en unas bodegas con un volumen total aproximado bodega y entrepuente (470+230) 700 m³.

El pescado entrará a la temperatura de -18 °C y se tendrá a la temperatura de régimen de -25 °C

BODEGAS Y ENTREPUESTES DE CONSERVACION DE CONGELADOS.

<i>Volumen total aproximado bodega y entrepuente (470+230)</i>	<i>700</i>	<i>m3</i>
<i>Temperatura de régimen</i>	<i>-25</i>	<i>°C</i>
<i>Temperatura entrada de pescado</i>	<i>-18</i>	<i>°C.</i>
<i>Coefficiente de simultaneidad de los servicios:</i>	<i>1</i>	

1.7.1.4 Datos comunes.

Para el perfecto funcionamiento de túneles, armario y bodega de conservación de congelados necesitamos conocer y explicar los siguientes datos comunes.

Toda instalación frigorífica tanto túneles, armario y bodegas trabajaran con el refrigerante R-404a con sistema de inyección de refrigerante expansión directa. Las bodegas tendrán un funcionamiento semiautomático y tanto los túneles como el armario tendrán un funcionamiento manual. El desescarche será igualmente manual en túneles y bodegas, mediante gas caliente. Se considerará una temperatura ambiente de +35 °C y la temperatura del agua del mar +32 °C.

Se tendrán una clase de corriente alterna III,380 V,50 Hz y se tendrá en cuenta que el coeficiente global de transmisión de calor 10 Kcal/h.m².

1.8 Resultados finales.

Para atender a los servicios descritos con el mayor ahorro de energía posible la instalación frigorífica estará dividida en dos circuitos completamente independientes, uno para el circuito de congelación compuesto por los túneles de congelación y el armario de congelación por placas (circuito nº 1) con temperatura de régimen de los servicios -35°C , otro para atender al circuito de conservación compuesto por bodega y entrepuente a de régimen -35°C (circuito nº 2).

Como ya se ha mencionado antes El refrigerante utilizado será R-404A.

La potencia frigorífica a instalar en cada circuito se determina en función de los balances térmicos obtenidos con el programa BpFrío (ver en el capítulo ANEXOS (ANEXO 1):

Circuito de congelación, formado por:

- Túneles de congelación:	143,70	Kw.
- Armario de congelación por placas:	51,70	Kw.
Potencia frigorífica total del circuito congelación:	195,40	Kw.

Circuito de conservación, formado por:

- Bodegas de conservación:	14,50	Kw.
- Entrepunte de carga	6,37	Kw
- Entrepunte de cartonaje	6,78	Kw
Potencia frigorífica total del circuito congelación:	27,65	Kw.

1.8.1. Soluciones adoptadas en cuanto a circuitos y principio de funcionamiento.

El circuito de congelación, será atendido por dos unidades compresoras iguales tipo tornillo, marca MYCOM modelo F160VSD-HE, accionadas por un motor eléctrico de 150 C.V. cada una, cada uno de ellos aportara el 50% de la potencia

total del circuito de túneles y al armario de congelación por placas, trabajando en régimen $-35/+40^{\circ}$ C y con una potencia frigorífica mínima de 106,3 Kw. cada uno.

El circuito de conservación, será atendido por una unidad compresora tipo tornillo, marca MYCOM modelo F125SUD-HE, accionada por un motor eléctrico de 75 C.V. que aportará el 100% de la potencia total del circuito de bodega y entrepuente, trabajando en régimen $-35/+40^{\circ}$ C y con una potencia frigorífica mínima de 48,6 Kw.

El sistema de alimentación de refrigerante R-404A a los evaporadores situados en los túneles, a cada una de las placas del armario de congelación y a los circuitos de serpentines de la bodega y entrepuentes, se hará mediante válvulas de expansión termostática desde el respectivo recipiente de líquido de alta presión de cada circuito.

1.8.1.1 Principios de refrigeración mecánica.

Refrigeración es el proceso de bajar la temperatura de un cuerpo por debajo de la temperatura ambiente.

El cuerpo que absorbe calor debe estar a una temperatura más baja que la del cuerpo que lo produce. El calor extraído del cuerpo que está siendo enfriado por el refrigerante, debe ser trasladado y entregado a un nivel superior de donde procede.

Si se va a mantener la temperatura más baja del cuerpo enfriado, éste debe rodearse de un material aislante, de forma que el calor no pueda volver a él al menos con facilidad.

Entonces tenemos que el cometido del refrigerante es absorber calor de un cuerpo frío, y cederlo a otro cuyo nivel térmico es superior.

En los líquidos refrigerantes se cumple la ley de correspondencia entre temperatura y presión.

Esto significa que a cada temperatura de almacenamiento corresponde una presión determinada o viceversa. Por ejemplo en uno de los refrigerantes que nos

ocupa, R-404A, si sometemos a una temperatura de 0 °C, el recipiente que lo contenga, la presión a que éste se pondría sería de 6,1 atmósferas. Si por el contrario, podemos mantener la presión en estas condiciones usando, por ejemplo, un compresor, el refrigerante alcanzaría una temperatura de 0 °C. Este es el principio de refrigeración mecánica.

Cuando la temperatura de un líquido refrigerante se eleva hasta su punto de ebullición, el líquido y su vapor pueden coexistir juntos. Este estado se llama saturado. El vapor que contiene partículas de líquido se llama saturado húmedo. Si el vapor saturado no tiene ninguna partícula de líquido se llama saturado seco. Cuando la temperatura del vapor se eleva por encima de su temperatura de saturación se convierte en recalentado y se llama vapor recalentado.

En refrigeración mecánica se utilizan líquidos con bajo punto de ebullición. Los líquidos que cambian a vapor después de haber absorbido calor se llaman refrigerantes primarios.

A las salmueras, el aire y el agua fría, que actúan como transportadores de calor se los llama refrigerantes secundarios.

1.8.1.2 Ciclos de refrigeración mecánica.

En un ciclo de refrigeración mecánica, el fin básico perseguido es extraer calor de un espacio o fuente entregar éste calor en otra zona o medio. Como se ha indicado anteriormente, el calor sólo fluye de una forma natural desde una fuente caliente a un medio o zona más fría. Cuando se quiere extraer calor de una zona y entregarlo a otra de mayor temperatura, es utilizado un sistema de refrigeración.

Para conseguir esto, se requiere un fluido (refrigerante) adecuado. Este fluido debe evaporarse absorbiendo calor a temperatura suficientemente baja y condensarse, arrojando calor a una temperatura suficientemente alta, para que sea adecuado al campo deseado de temperaturas de aspiración a que se destina. En las unidades refrigerantes que se describen, se emplea como refrigerante el R-404A.

Generalmente, una planta frigorífica por compresión consistente en cuatro partes principales. El compresor frigorífico, el condensador, los dispositivos de control y el evaporador.

Todas estas partes se comunican entre si por tuberías. La planta se llena de refrigerante en forma gaseosa o líquida y también de estas dos formas mezcladas.

1.8.1.3 Sistema de compresión.

Para el circuito nº 1 se instalarán unidades compresoras con compresores de tipo tornillo abiertos, montados sobre una bancada metálica en la que también se montan el resto de componentes de la unidad compresora, como son: motor eléctrico, separador de aceite horizontal, enfriador de aceite, bomba de aceite (en caso de ser precisa), filtros, etc.

Para el circuito nº 2 se instalará una unidad compresora con compresor de tipo tornillo abierto, montado sobre una bancada metálica en la que también se montan el resto de componentes de la unidad compresora, como son: motor eléctrico, separador de aceite horizontal, enfriador de aceite, bomba de aceite (en caso de ser precisa), filtros, etc.

Estos compresores también llamados compresores helicoidales, 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.

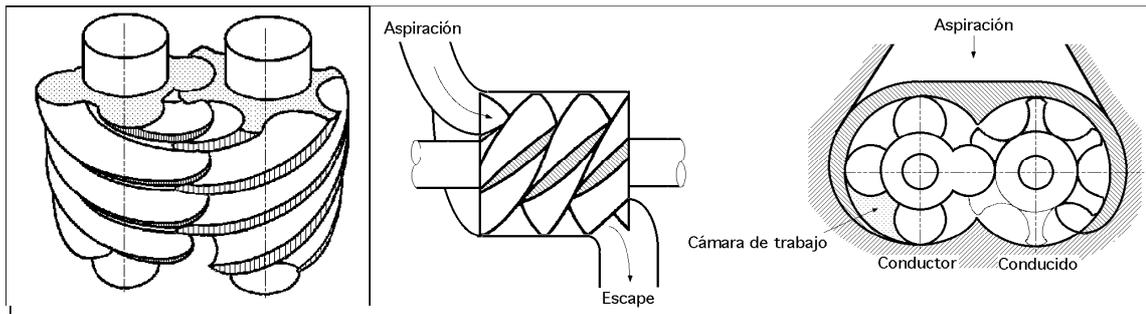


Figura 1.8.1.3.1.- Esquema de funcionamiento básico e un compresor tipo tornillo.

El compresor de tornillo, tal como se muestra en la Fig.- 1.8.1.3.1, compuesto de dos engranajes helicoidales, uno macho, de perfil semicircular, con cuatro lóbulos y el otro, hembra, con seis huecos de igual perfil, realiza la compresión de los vapores refrigerantes por la reducción volumétrica que se consigue en el espacio cerrado entre el cárter y los huecos entre engranajes. En esta compresión el fluido es arrastrado tanto radial como axialmente.

El compresor de tornillo combina las ventajas de los compresores de desplazamiento positivo con las de los compresores centrífugos.

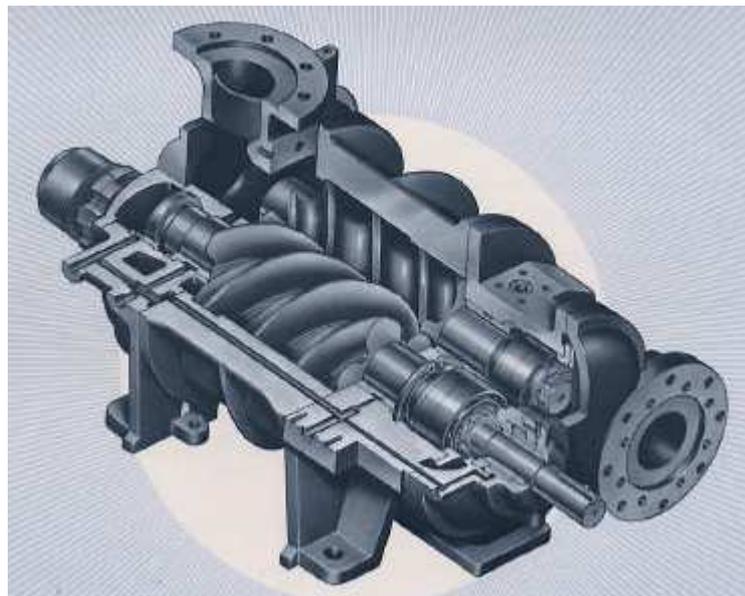


Figura 1.8.1.3.2.- Vista interior de un compresor de tornillo MYCOM

En los anexos, se adjuntarán el cálculo de dichos compresores.

1.8.1.4 Sistema de condensación.

La condensación de los gases procedentes de la descarga de los compresores se realizará por medio de condensadores multitubulares enfriados por agua de mar, uno por unidad compresora. Los condensadores se ubicaran soldados al techo de la sala de maquinas.

La licuación del refrigerante gaseoso a alta presión, es decir de los gases que partiendo del evaporador han sido aspirados y comprimidos por el compresor, se lleva a cabo en el condensador.

El condensador es el lugar donde se produce la eliminación de calor de un sistema de refrigeración, sumidero final de la energía total introducida en el sistema. Por tanto, la carga calorífica del condensador será siempre superior a la del evaporador en una cantidad igual al trabajo de compresión.

El aceite que circula con el refrigerante tenderá a separarse formando una capa aislante sobre las paredes de los tubos, reduciendo el valor del coeficiente de transmisión, por lo que se aconseja colocar un separador de aceite antes del condensador.



Figura 1.8.1.4.1.- Condensador multitubular marino.

Dentro de esta familia de condensadores multitubulares enfriados por agua de mar, hay dos categorías:

- Sistemas en los que el agua de enfriamiento no es recirculada. (estos son los que se usan habitualmente en las instalaciones frigoríficas en buques).
- Sistemas que reutilizan el agua de enfriamiento. (normalmente son

condensadores para servicios terrestres)

En los sistemas en los que el agua de enfriamiento no es utilizada de nuevo, el agua es tomada del mar y posteriormente tras su paso por el condensador arrojada de nuevo o al mar. Naturalmente, en los sistemas en los que el agua no es recirculada, la disponibilidad y el coste de la misma son factores importantes a la hora de determinar la cantidad de agua que circula por unidad de carga del condensador. Generalmente, y debido a los problemas de escasez de agua, este sistema tiene su uso reducido a pequeñas capacidades, a no ser que el agua utilizada sea agua de mar, con lo cual el condensador se debe fabricar de materiales anticorrosivos y realizar un buen mantenimiento para que el agua salada no dañe el material del condensador.

En los anexos, se adjuntarán el cálculo de dichos condensadores.

1.8.1.5 Sistema de evaporación.

El evaporador recibe el refrigerante en parte líquido y en parte gaseoso. Aquí se evapora el refrigerante debido al calor absorbido del aire o agua que por él circula.

El compresor succiona el gas así formado y vuelve a empezar el ciclo de la instalación frigorífica.

Un evaporador es cualquier intercambiador de calor en el que el fluido refrigerante se evapora a baja temperatura. El evaporador en una instalación frigorífica está ubicado entre la válvula de expansión termostática y la tubería de aspiración del compresor. Su misión es la de absorber calor del recinto a refrigerar y transmitir ese calor al fluido refrigerante, lo que 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 hasta el valor $x = 1$ (vapor saturado seco) en el momento de salida del evaporador. Es común en las instalaciones actuales que se sobrecaliente $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ el vapor saturado seco para

asegurarse de que al compresor le llegue sólo gas.

1.8.1.6 Túneles de congelación.

Son cámaras aisladas en cuyo interior se coloca el producto a congelar, haciéndose circular una corriente de aire frío que extrae el calor del mismo. Las principales características de este sistema son:

El producto sólo está en contacto con el aire, por lo que no sufre ningún tipo de deterioro, salvo una pequeña desecación que favorece la velocidad de congelación. Esta desecación da lugar a una ligera disminución de peso que normalmente no supera el 2%, pero en pescados muy pequeños puede llegar al 8%. Si el producto se congela envuelto o empaquetado, la pérdida de peso es despreciable.

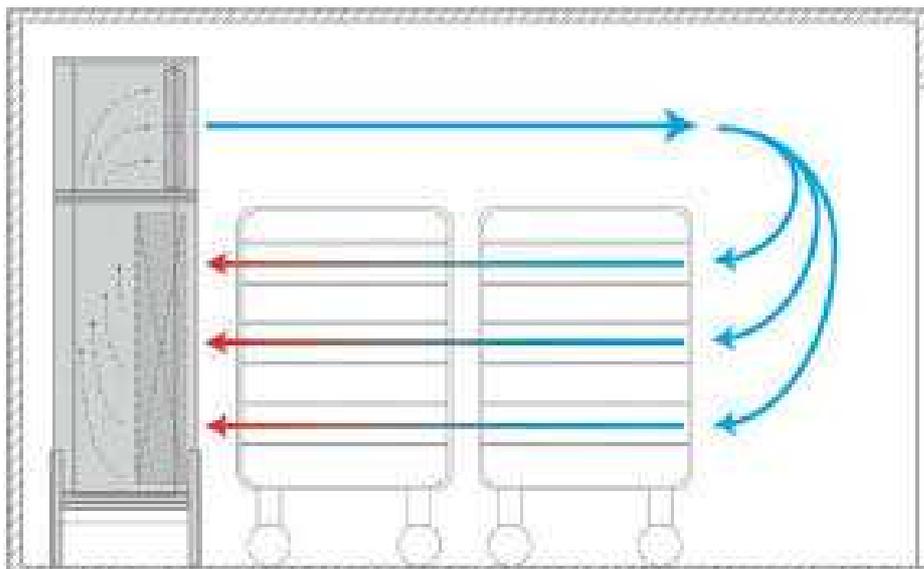


Figura 1.8.1.6.1.- Esquema básico de funcionamiento de un túnel de congelación estático.

Se adapta a cualquier forma y tamaño, lo que le hace muy flexible y especialmente apto para pescado entero.

El volumen necesario es alto, sobre todo en los túneles continuos.

Al ser el aire un mal conductor del calor, requiere un mayor consumo de energía que otros procedimientos, al cual hay que sumar el correspondiente a los ventiladores de aire.

El diseño del interior de la cámara debe hacerse con cuidado, dirigiendo el aire sobre el producto con un caudal y velocidad uniformes, porque si no, la temperatura y velocidad de congelación será diferente según las zonas. Ello implica el montaje de chapas deflectoras que puedan dirigir el flujo de aire, así como un estudio de la carga de la cámara, evitando dejar zonas excesivamente cargadas, que dificultan el paso del fluido, frente a otras semivacías, por las cuales éste circulará con mayor facilidad.

Para controlar la velocidad de congelación se puede actuar sobre la velocidad del aire, sobre la temperatura del refrigerante o sobre la forma de preparar y cargar el producto.

A mayor velocidad de aire, el tiempo de congelación será inferior, pero considerando que el consumo de energía de los ventiladores varía con el cubo de la velocidad y la resistencia al paso del aire con su cuadrado, existirá un límite razonable.

Lo normal son valores de 5 a 7 m/s para túneles estacionarios y de 10 a 12 m/s para los continuos, medidos a la salida del ventilador, valor que puede quedar reducido a la mitad en los espacios sobre el producto.

En cuanto a la temperatura de evaporación del refrigerante, cuanto menor sea, más rápida será la congelación, pero de nuevo el costo económico establece un límite; lo habitual es que la misma esté entre -35 y -45°C .

Por último, una estiba adecuada que evite la formación de remolinos y la recirculación del aire y que distribuya su flujo de una manera homogénea, mejorará el resultado.

Por otra parte, los envoltorios y cajas suelen ser malos conductores del calor, por lo que su uso alargará el tiempo de congelación. Asimismo, la utilización de bandejas metálicas para la estiba del producto en el interior del túnel mejora la transferencia y, consecuentemente, la velocidad de congelación.

Los ventiladores pueden ser centrífugos o, lo más normal, axiales. Lo ideal es situar la batería refrigeradora a la salida del aire del ventilador, porque al pasar a través de ella, se uniforma el flujo. Además, el aire lleva humedad, a la que hay que añadir la procedente del pescado, que se condensará a su paso por la batería, por lo que sólo se impulsará aire saturado.

El refrigerante trabajará en la batería en este caso por expansión directa pero también puede trabajar por inundación o por circulación con bomba, según el diseño y tamaño de la planta. La batería debe calcularse no sólo para el calor a extraer al pescado, sino también para el calor disipado por los ventiladores, para el calor necesario a extraer de envases y envoltorios, fugas por el aislamiento, entradas de aire del exterior, etc, y previéndose, además, que su rendimiento puede bajar por la formación de escarcha por el agua que se condensa a su paso. Con el fin de incrementar la superficie de intercambio de frío entre los tubos de la batería y el aire, éstos se dotan de aletas.

Para eliminar la escarcha que se deposita en la batería, que no sólo disminuye su capacidad, sino también la velocidad del aire que la atraviesa, es necesario desescarchar periódicamente, lo cual puede hacerse automática o manualmente y será necesario prever un drenaje adecuado que permita eliminar el agua producida.

Los túneles deberán ser estancos a la humedad y bien aislados. La distribución interior adecuada para la fácil carga y descarga, y para la distribución del aire, para lo cual pueden disponerse conductos, baffles, etc,. Las puertas de un tamaño adecuado para la carga y descarga, estancas y a veces dotadas de un sistema de calefacción que permita su apertura aunque se forme hielo. Normalmente se disponen registros estancos y aislados para vigilancia y acceso a ventiladores. Se deberán montar termómetros de control en varios puntos del interior del túnel, con lectura en el exterior.

Existen dos tipos principales de túneles de congelación: continuos y estacionarios. En los primeros, el pescado se mueve a lo largo del túnel, sobre carretillas o cintas transportadoras, entrando por un extremo y saliendo por el contrario, aunque, a veces, el circuito es en espiral para ahorrar superficie. El flujo de aire suele ir en sentido contrario al del movimiento de las cintas o carretillas, de forma

que el aire más frío se encuentre con el pescado más frío, lo que mejora el rendimiento de la instalación. Los túneles continuos son más habituales en instalaciones terrestres, y apenas son usados a bordo de los buques de pesca.

Tanto en buques de pesca como en este proyecto lo habitual son los estacionarios (Fig.- 1.8.1.6.1), en los que el producto no se mueve, colocándose sobre bandejas que se estiban en parrillas o bandejeros, mientras que el aire se dirige mediante conductos y chapas deflectoras. La homogeneidad de la temperatura es más difícil de lograr, ya que depende de la situación de cada bandeja. Entre ellas habrá de preverse el espacio necesario para que el aire pueda circular. Suelen ser de acero galvanizado o preferible, inoxidable o aluminio. Para despegar el producto congelado, se sacan las bandejas, se les da la vuelta y se las riega con agua. Lo más habitual es que la carga y descarga se haga por el mismo lado.

En cualquiera de los sistemas, una vez congelada la carga y antes de proceder a introducir otra, deberá desescarcharse el túnel y limpiarlo bien.

1.8.1.7 Evaporadores de túneles de congelación.

En los túneles de congelación se instalarán baterías evaporadoras construidas con tubo y aletas de acero, todo el conjunto galvanizado por inmersión en baño de zinc. La circulación del aire a través de dichas baterías y del producto a congelar se realizará por medio de ventiladores del tipo axial aptos para ambientes húmedos y bajas temperaturas.

El evaporador seco está concebido para contener únicamente la cantidad de fluido frigorífico líquido necesaria para hacer frente a la carga térmica del sistema. En este caso, la alimentación de fluido frigorífico se realiza mediante una válvula de expansión termostática, de manera que el fluido sea vaporizado al final de éste en su totalidad, tal como se muestra esquemáticamente en la siguiente figura.

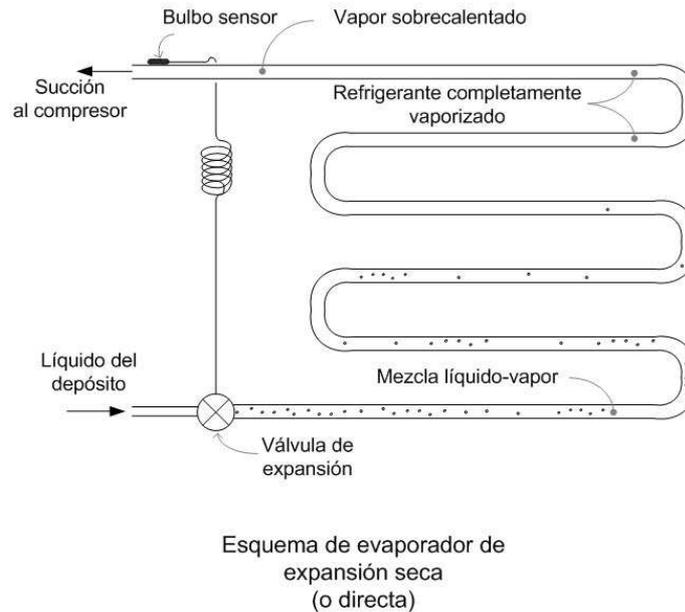


Figura 1.8.1.7.1.- Esquema básico de funcionamiento de un evaporador por expansión seca de refrigerante.

Con el método de expansión seca, la cantidad de líquido que entra en el evaporador está limitada a la cantidad que puede ser totalmente vaporizada durante el tiempo que éste recorre el evaporador. Estos evaporadores, a pesar de tener peor rendimiento que los evaporadores inundados, son de mas fácil diseño y mas baratos. Presentan menos problemas de recirculación de aceite y requieren menos carga de refrigerante. Por lo que son los más utilizados.

En los anexos, se adjuntarán el cálculo de dichos evaporadores.

1.8.1.8 Ventiladores de túneles de congelación.

Para ejercer la ventilación forzada en los túneles de congelación, se dispondrán unos ventiladores especiales para este tipo de aplicaciones, con motores con grasa anticongelante a -40°C .

El cálculo de dichos ventiladores vendrá dado por la superficie de paso del evaporador, intentando soplar aire por toda la superficie de intercambio del evaporador, a una velocidad estimada de 4 ó 5 m/s, según indicaciones de varios instaladores de este tipo de instalaciones.

A la hora de elegir los ventiladores hemos de tener en cuenta han de desplazar ese volumen de aire a una determinada presión, según varios autores, ha de ejercer una presión mínima de 20 mm.c.a., aunque la experiencia en túneles de congelación en barcos, dice que al menos considerar 30 mm.c.a., debido a que muchas veces los espacios son reducidos y la pérdida de carga es mayor de lo habitual, así se dispondrán dos ventiladores helicoidales de mural.



Figura 1.8.1.8.1

En los anexos, se adjuntarán el cálculo de dichos ventiladores.

1.8.1.9 Armario de congelación por placas.

El principio básico de funcionamiento de un armario de congelación por placas, se basa en la transferencia de calor desde el producto a unas placas metálicas refrigeradas que están en contacto con él (Fig.- 1.8.1.9.1). El calor se transfiere por conducción, lo que mejora el rendimiento de la instalación y, consecuentemente, permite reducir el tiempo de congelación.

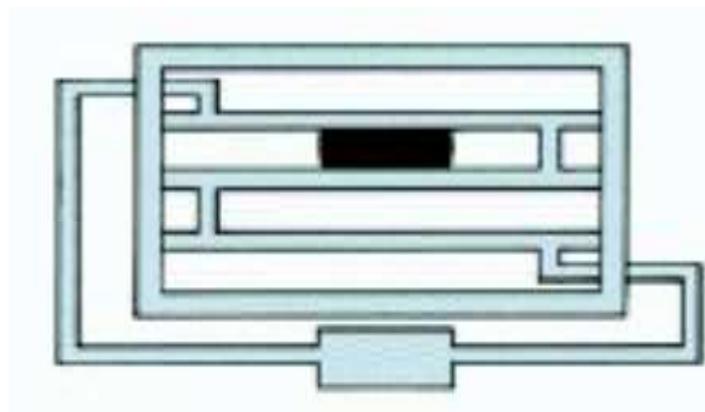


Figura 1.8.1.9.1.- Esquema básico de funcionamiento de un armario de congelación por placas horizontales.

Las placas suelen construirse de aluminio extruído, en cuyo interior circula el refrigerante, que se suele circular con bomba o por expansión directa como es en este caso. Con el fin de que el contacto entre producto y placas sea lo más íntimo posible, se suele ejercer una ligera presión sobre las placas, mediante una instalación hidráulica, de manera que ambas superficies estén en contacto permanente mientras dura la congelación, pero su valor debe ser pequeño para evitar deformar el producto, así como permitirle una pequeña dilatación al congelarse.

Existen dos tipos de congeladores de placas: HORIZONTALES y VERTICALES, atendiendo a la situación de las mis



Figura 1.8.1.9.2.- Armarios de congelación horizontal

Los **armarios horizontales** (Fig.- 1.8.1.9.2), se utilizan preferentemente para bloques prismáticos, filetes o pescado pequeño entero en bloque, preparados en espesores de entre 3 y 10 cm, pero cuidando que en una carga todos los espesores sean iguales, con el fin de que el contacto entre las superficies horizontales sea similar en todas las placas. El número de éstas oscila según los modelos, pero suele estar entre 8 y 20. La carga debe repartirse bien y evitando que existan protuberancias sobre los bloques de producto (por exceso de carga en alguno de ellos) o sobre las placas (suciedades o escarcha), para que la

presión se ejerza de una forma homogénea. Si fuera necesario, se pueden colocar tacos de madera entre las placas para igualar la presión. El producto se suele colocar directamente sobre las placas y puede ir envasado o no. Si la carga se efectúa bien y la presión es adecuada, el tiempo de congelación no debe superar las dos horas, aunque dependerá del espesor. La carga y descarga se hacen a través de una puerta lateral, aunque en algunos modelos se sitúan una a cada lado, según sea carga o descarga. Una vez finalizada la congelación, el bloque se extrae eliminando, simplemente, la presión hidráulica.

Una vez vaciado el congelador debe procederse a su desescarche, el cual suele hacerse con gas caliente.



Figura 1.8.1.9.3.- Armarios de congelación vertical

Los armarios congeladores de placas **verticales** (Fig.- 1.8.1.9.3), se usan normalmente para pescado entero grande, eviscerado o no, o a granel, por lo que es más flexible que el horizontal. Las placas están situadas verticalmente y son desplazables horizontalmente. El congelador está dividido en una serie de cámaras o estaciones en donde se introduce el pescado, cada una de ellas puede albergar hasta 50 kg de pescado de hasta 10 cm de espesor, aunque, a veces, cada cámara se subdivide en dos de la mitad de tamaño. También puede llenarse cada estación con agua y pescado pequeño a granel, o éste en bolsas con agua, y congelar todo el conjunto, con lo cual se conserva en perfecto estado y sin peligro de enranciamiento.

La carga del congelador suele hacerse por la parte superior, a mano. La descarga, por las partes superior o inferior, según modelos, e, incluso, lateralmente.

A veces, el fondo es giratorio o elevable hidráulicamente, lo que facilita la descarga. Antes de proceder a ésta, es necesario desescarchar durante algunos minutos. La carga, por gravedad, debe hacerse lo más homogéneamente posible, para que la presión de las placas sea regular. Normalmente se clasifica el pescado por tamaños y estaciones. Es más flexible que el horizontal, pero la presentación del producto es peor, es rápido de carga y descarga y el ciclo de congelación no durará más de 4 horas.

En ambos tipos, los armarios ocupan poco espacio, lo que supone una ventaja sobre el túnel, y suelen ser de aluminio o aleación de éste aislado, con el fin de disminuir las pérdidas de frío al mínimo. Respecto a los túneles, tienen el inconveniente de ser menos flexibles y de poder dañar al pescado por la presión de las placas, pero son más rápidos y requieren menos energía para la misma producción.

1.8.1.10 Evaporadores de bodega y entrepuentes.

En la bodega y entrepuente se ha optado por utilizar un evaporador estático dispuesto por todo el techo del recinto. Se ha empleado para la realización del mismo un serpentín aleteado de las siguientes características:

Construidos con tubería de acero estirado s/s norma DIN-2440, de 15 mm ($\frac{1}{2}$ "), calidad ST-35, aleteado exteriormente con pletina de acero, altura de aleta 25 mm., separación de aleta 18 mm. y galvanizados en caliente, por inmersión en baño de zinc.

Cada metro lineal de esta disposición de evaporador equivale a 0.84 m² de superficie de transferencia de calor con un coeficiente de transferencia de calor de 10 Kcal./hm² °C .

Cuando se emplean evaporadores estáticos en bodegas de conservación, al no tener un ventilador que nos mueva todo el aire de la cámara, ya que el éste se mueve por convección natural. Hay que tener en cuenta el volumen total de la cámara. Así pues, es interesante ocupar todo el techo de la cámara, para que la circulación natural de aire afecte a toda la cámara. Hay una norma empleada en oficinas técnicas, que trabajan con estos evaporadores, la cual aconseja siempre

que sea posible que se disponga una superficie de transferencia de calor del evaporador equivalente en número al volumen de la cámara, es decir, un m^2 de superficie de evaporador por cada m^3 de volumen de cámara.

Con estos datos y sabiendo los volúmenes tendremos que diseñar unos evaporadores que tengan un mínimo de 470 m^2 para la bodega y 230 m^2 para los entrepuentes de superficie de intercambio.

Por motivos de pérdidas de carga y para dar mayor versatilidad al evaporador, se ha dividido en siete evaporadores o mejor llamados circuitos en la bodega y en dos evaporadores cada uno de los entrepuentes, cada uno de ellos con su correspondiente sistema de inyección de líquido. En total, la superficie de transmisión de calor es de 395 y 191 m^2 para bodega y entrepuentes respectivamente y están dispuestos por el techo tal y como se indica en los planos de la bodega y entrepuente que están en los anexos.

En los anexos, se adjuntarán el cálculo de dichos evaporadores o circuitos de serpentines.

1.8.1.11 Válvulas de expansión termostática.

La válvula de expansión es un dispositivo que controla la cantidad de flujo del refrigerante que pasa del condensador (tanque de líquido) al evaporador, reduciendo a un líquido caliente a alta presión al entrar, a un líquido a baja presión al subir.

Dichas válvulas serán del tipo automático, regulada por la temperatura del evaporador.

Las válvulas seleccionadas para esta instalación, serán de la marca Danffos, del modelo TES, y serán seleccionadas teniendo en cuenta cuatro parámetros fundamentales:

- El tipo de refrigerante de la instalación. (en este caso R-404A).
- La capacidad frigorífica del evaporador al que dará servicio.
- La temperatura de evaporación de dicho evaporador
- La pérdida de presión que debemos mantener.

En los anexos, se adjuntarán el cálculo de las mismas.

1.8.1.12 Sistema de desescarche.

El desescarche tanto de los túneles, como del armario como de la bodega y entrepuentes, será por aire o por baldeo de agua a presión, cuando el buque esté en puerto, haya terminado las operaciones de descarga y la instalación frigorífica esté parada.

1.8.1.13 Tuberías de refrigerante.

La tubería utilizada será de acero estirado sin soldadura, cincada exteriormente, ASTM 333 GR6 hasta 1 ½” y según DIN 2448 calidad St 35.8.I para diámetros mayores. Para los circuitos auxiliares será de cobre especial para instalaciones frigoríficas deshidratado y acabado espejo.

Para el dimensionado de las tuberías se tendrán en cuenta las siguientes velocidades máximas de circulación del fluido:

- Aspiración: 15 m/s.
- Líneas de gas caliente: 20 m/s.
- Línea de líquido: 1,5 m/s.

Perdidas de carga equivalentes máximas permitidas:

- Aspiración: 2,5 K.
- Líneas de gas caliente: 1,5K.
- Línea de líquido: 1,5 K.

Todos los tramos de aspiración deberán estar aislados para evitar condensaciones.

En general se aislará cualquier tubería ó elemento del circuito frigorífico susceptible de producir condensaciones.

El aislamiento de las tuberías y recipientes que lo necesiten, se realizará con coquilla de poliuretano acabado en fibra de vidrio. El espesor será variable entre 80 y 40 mm., según el diámetro y la temperatura del refrigerante que circule por el interior, o bien se aislarán con coquilla ó planchas (según el diámetro) de espuma elastomérica.

1.8.1.14 Mecanismos de regulación y control.

La instalación será totalmente automática, tanto en relación con la temperatura de régimen de los recintos o servicios a refrigerar, como de paradas y arranques de compresores y motores-ventiladores, para lo cual cada servicio (formado por uno o más evaporadores) irá provisto de válvula solenoide de paso de refrigerante, regulada mediante sonda de temperatura ambiente independiente para cada servicio.

La instalación se controlará por medio de un autómata programable y una pantalla táctil, para lo cual toda la instalación dispondrá de elementos adecuados para tal fin. El autómata y la pantalla táctil se ubicarán en el cuadro eléctrico en la sala de maquinas.

Así mismo cada evaporador irá dotado de una válvula de expansión termostática que actuará como regulación de paso de refrigerante a cada evaporador de túnel, cada placa de armario y cada circuito de serpentines.

La regulación de capacidad de cada compresor así como su parada ó puesta en marcha se conseguirá mediante transductores de presión conectados al autómata situado en el cuadro eléctrico.

La regulación de las presiones de condensación de cada circuito se realizará mediante transductores conectados al autómata situado en el cuadro eléctrico.

El control del nivel de refrigerante en los circuitos de R-404A se realizará mediante visores de nivel de líquido colocados en los recipientes y visores de nivel con indicación de humedad en las líneas de líquido.

En el recipiente de líquido refrigerante se colocarán visores para un control visual del nivel de refrigerante en los mismos.

Cada recinto frigorífico deberá ir dotado de al menos una sonda de temperatura ambiente y/o termostato digital para controlar la temperatura del mismo. Estas sondas se conectarán al autómata situado en el cuadro eléctrico.

1.8.1.15 Programas de cálculo.

Estos ya han sido mencionado con anterioridad en el apartado 1.4.3, pero como están relacionados directamente con este apartado, se vuelven a enumerar aquí:

- BpFRIO. Programa para realizar el cálculo de balances térmicos de cámaras de conservación y túneles de congelación.
- DIRCALC™ 1.26. Programa para realizar el cálculo de los diámetros e tuberías adecuados, valvulería, etc.
- COOLSELECTOR. Programa para realizar el cálculo de las válvulas de expansión y las válvulas solenoides
- MYCOM 14.2epME Programa de selección de los compresores MYCOM.

1.8.2 Aislamiento térmico de los recintos.

La función del aislamiento es mantener la temperatura del recinto, evitando las entradas de calor desde el exterior e impermeabilizándolo para evitar la entrada de vapores. Los materiales aislantes utilizados en la industria frigorífica presentan la característica común de estar contruidos por multitud de celdillas o células que contienen aire u otros gases en reposo, con coeficientes de conductividad muy bajos.

Para evitar el paso del vapor de agua a través del aislamiento, el uso de materiales adecuados y de barreras antivapor son las soluciones adoptadas. Si el

vapor de agua penetra en el aislamiento, puede llegar a condensarse, rellenando las celdas de aire y haciendo perderle características como aislante, a la par que, posteriormente, pasará el agua al local frigorífico. Hay materiales que dificultan enormemente dicho paso, como son el acero u otros metales y ciertos plásticos, pero también pueden usarse revestimientos, principalmente bituminosos o algunas resinas, que se aplican siempre sobre la cara exterior del aislante. Es necesario cuidar especialmente el paso de conductos, tuberías, etc, así como las juntas de los revestimientos y del aislante, ya que por ellos el vapor de agua tiende a pasar.

Los aislamientos más frecuentemente usados son el corcho, las lanas de vidrio o minerales, el poliestireno y el poliuretano. El más utilizado hoy en día es este último, porque es el que reúne unas características de conductividad / precio más idóneas. Puede utilizarse en planchas, inyectado entre los forrados interior y exterior de la bodega o, el más adecuado, proyectado sobre la pared exterior del almacén y posteriormente, forrarlo interiormente, con lo cual se asegura que no quedan zonas sin aislar. Tanto proyectado como inyectado, tienen la ventaja adicional de no tener juntas de unión, lo que, como se ha explicado, favorece la impermeabilidad. Especial cuidado debe prestarse a evitar los puentes térmicos, por los que el calor pasaría al interior, para lo que los refuerzos deberán rodearse con una capa de aislante de al menos 40 mm o utilizarse tacos de madera o plástico que interrumpan la conducción de calor.

El aislamiento debe reunir otras cualidades, como son resistir la compresión, ya que debe soportar la presión del producto, sobre todo en el piso. A veces se extiende una capa de hormigón sobre éste, con el fin de permitir el paso de carretillas. Su densidad no debe ser muy alta, sobre todo en bodegas de buques, porque incrementaría innecesariamente el peso en rosca de la embarcación. Tampoco debe disgregarse por vibraciones, por lo que las lanas o mantas aislantes a bordo de los buques no suelen ser muy adecuadas. Debe ser resistente al fuego y, si éste se produce, no desprender humos tóxicos. Esta es la principal desventaja del poliuretano frente a otros aislamientos.

Normalmente, el interior del aislamiento se protege con un revestimiento, cuya principal función debe ser protegerle contra los golpes. Puede ser estanco, lo que favorece el baldeo del local, o no, que evita que el agua del aislamiento se quede

en él, y lo deteriore. Los revestimientos más usados son los tableros de madera contrachapada, a veces recubiertos con una capa de fibra de vidrio que los impermeabiliza, y las láminas de metal, normalmente chapa galvanizada o aluminio. Se puede colocar el revestimiento directamente sobre el aislamiento o dejar una capa de aire entre ambos, que evita que la transferencia de calor pase directamente al producto, pero que, como inconveniente, disminuye el volumen útil del local.

El aislante elegido para la instalación es el poliuretano expandido. Se pueden emplear paneles montables que hay en el mercado pero lo más idóneo es proyectado sobre la pared y además, debido a la forma de la bodega se hace imposible colocar paneles. Es un trabajo que acostumbra a hacerse en el astillero y se ha determinado el espesor que debe tener.

1.8.3 Instalaciones eléctricas.

1.8.3.1 Previsión de consumo de potencia eléctrica.

Teniendo en cuenta que el coeficiente de simultaneidad para los servicios de la instalación frigorífica es 1, es decir, todos los servicios podrán estar en marcha al mismo tiempo, se estima el consumo de potencia eléctrica de los equipos que componen la instalación frigorífica en 316,27 Kw (una vez los servicios han alcanzado la temperatura de régimen).

1.8.3.2 Generalidades.

Corresponde este apartado a las especificaciones de las líneas de alimentación a los equipos que componen la instalación frigorífica: compresores, condensadores, bombas y evaporadores.

El montaje, verificación y utilización de las instalaciones eléctricas, se ajustará a lo dispuesto en el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias, y en lo referente a la Instrucción MI IF-012 del Reglamento de Seguridad para Plantas e instalaciones Frigoríficas.

Los circuitos eléctricos de alimentación de los sistemas frigoríficos se instalarán de forma que la corriente se establezca independientemente de la alimentación de otras partes de la instalación.

1.8.3.3 Prescripciones especiales.

Se dispondrán dos dispositivos de llamada en la puerta de las bodegas, y por su parte interior, uno de ellos conectado a una fuente propia de energía (batería), convenientemente alumbrados con un piloto y de forma que se impida la formación de hielo sobre aquel. Este piloto estará encendido siempre que estén cerradas las puertas y se conectará automáticamente a la red de alumbrado de emergencia, caso de fallar el fluido a la red general.

1.8.3.4 Cuadro eléctrico.

En la sala de maquinas, se colocará el cuadro general para el mando, control y protección de todos los componentes de la instalación, siendo los armarios del tipo metálico y mural. El cuadro se ejecutará de acuerdo al "REGLAMENTO ELECTROTECNICO PARA BAJA TENSION".

En el cuadro se instalará al menos: seccionador de corte en carga, equipos de medida, protectores térmicos, magnetotérmicos con sus bloques de contactos y contactores. La información de estos dispositivos será enviada a un autómata que la evaluará y actuará consecuentemente en el sistema de mando.

La supervisión y el control de todo el sistema será llevado a cabo por un autómata y una pantalla táctil, que permitirán:

- Visualización y control de los distintos elementos principales: compresores, condensadores, túnel, bombas de refrigerante, etc.
- Visualización y modificación de parámetros.
- Visualización de alarmas.
- Histórico de alarmas.

1.9 Orden de prioridad entre los documentos básicos.

En este proyecto el orden de prioridad entre los documentos básicos es el siguiente:

1. Pliego de Condiciones.
2. Planos.
3. Presupuesto.



“INSTALACIÓN FRIGORÍFICA EN ARRASTRERO CONGELADOR”

ANEXOS

GRADO EN INGENIERÍA MARINA

MANTENIMIENTO E INSTALACIONES

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA Y MÁQUINAS

FECHA: **SEPTIEMBRE-2014**

AUTOR: El alumno

Fdo.: Francisco Javier Trillo Vidal

INDICE DE LOS ANEXOS**Página**

2	ANEXOS.	
2.1	<u>ANEXO 1</u> ; Cálculo del aislamientos térmico de los recintos	4
2.1.1	Cálculo de los coeficientes de convección y conducción de transmisión de calor.	4
2.1.1.1	Cálculo de los coeficientes de conducción de transmisión de calor.	4
2.1.1.2	Cálculo de los coeficientes de convección de transmisión de calor.	4
2.1.1.2.1	Coeficientes de convección interiores.	5
2.1.1.2.2	Coeficientes de convección exteriores.	5
2.1.1.2.2.1	Túneles de congelación.	5
2.1.1.2.2.2	Bodegas de conservación.	9
2.1.1.2.2.3	Entrepuesto de carga.	11
2.1.1.2.2.4	Entrepuesto de cartonaje.	12
2.1.2	Cálculo de los espesores del aislamiento en los distintos recintos.	15
2.1.2.1	Cálculo del espesor del aislamiento fijando el flujo de calor máximo permitido de un túnel.	15
2.1.2.2	Cálculo del espesor del aislamiento fijando el flujo de calor máximo permitido de la bodega de conservación.	20
2.1.2.3	Cálculo del espesor de aislamiento fijando el flujo de calor máximo permitido en los entrepuentes conservación.	24
2.2	<u>ANEXO 2</u> ; Cálculo de los balances térmicos de los servicios.	26
2.2.1	Cálculo del balance térmico de un túnel de congelación.	26

2.2.2	Cálculo del balance térmico del armario de congelación por placas.	29
2.2.3	Cálculo del balance térmico de la bodega de conservación.	33
2.2.4	Cálculo del balance térmico del entrepuente de carga.	36
2.2.5	Cálculo del balance térmico del entrepuente de cartonaje.	39
2.3	<u>ANEXO 3</u> ; Cálculo-selección de los equipos frigoríficos principales.	42
2.3.1	Selección de los compresores.	42
2.3.2	Cálculo y selección de los condensadores y bombas de agua de mar para dar servicio a los mismos.	48
2.3.2.1	Cálculo de los condensadores y bombas de agua para el circuito de congelación formado por dos unidades compresoras F160VSD*HE.	48
2.3.2.2	Cálculo del condensador y bomba de agua para el circuito de conservación formado por una unidad compresora F125SUD*HE.	49
2.3.3	Cálculo y selección de los evaporadores de túneles de congelación, ventiladores de túneles y evaporadores de bodega y entrepuentes.	60
2.3.3.1	Cálculo y selección de los evaporadores de túneles.	60
2.3.3.2	Cálculo y selección de electroventiladores de túneles.	62
2.3.3.3	Cálculo y selección de evaporadores de bodega y entrepuentes.	67
2.3.4	Cálculo de la carga de refrigerante y del recipiente de líquido.	70
2.3.4.1	Cálculo de la carga de refrigerante.	70
2.3.4.2	Cálculo del recipiente de líquido.	72

2.3.5	Cálculo de las válvulas de expansión y válvulas solenoides.	73
2.3.5.1	Cálculo de las válvulas de expansión.	73
2.3.5.2	Cálculo de las válvulas solenoides.	79
2.3.6	Cálculo de las válvulas de seguridad y tuberías de descarga (alivio).	84
2.3.6.1	Cálculo y selección de las válvulas de seguridad.	86
2.3.6.2	Cálculo de la tubería de descarga de las válvulas de seguridad.	88
2.4	<u>ANEXO 4</u> ; Cálculo de tuberías de la instalación.	90
2.4.1	Cálculo de tuberías de aspiración.	90
2.4.2	Cálculo de tuberías de líquido.	95
2.4.3	Cálculo de tuberías de descarga.	101
2.4.4	Cálculo de otras líneas.	107

2. ANEXOS.

2.1 ANEXO 1; Cálculo del asilamiento térmico de los recintos.

2.1.1 Cálculo de los coeficientes de convección y conducción de transmisión de calor.

Para obtener muchos de los datos utilizados en el cálculo de las necesidades frigoríficas se deberán recordar las siguientes equivalencias:

1 W	0,86 kcal/h
1 kcal/h	1,163 W
$\Delta T = 1 \text{ K}$	$\Delta T = 1 \text{ }^\circ\text{C}$
1 kcal	4,1868 kJ
1 kcal	$1,163 \cdot 10^{-3} \text{ kW}\cdot\text{h}$
1 kJ	0,239 kcal
1 W·h	0,860 kcal
1 W·h	$3600 \cdot 10^{-3} \text{ kJ}$

Tabla 2.1.1.1- Equivalencias de unidades

2.1.1.1 Cálculo de los coeficientes de conducción de transmisión de calor.

Tanto los túneles como la bodega y los entrepuentes, tienen al menos una pared los túneles y dos las bodegas y entrepuentes están formadas por la chapa de acero del casco del buque de **20 milímetros** de espesor con un coeficiente de transmisión de calor de **58 W/m² °C**.

El aislante empleado es poliuretano aplicado in-situ de una densidad que va desde los 35 a los 40 kg/m³. El coeficiente de transmisión es de **0,023 W/m² °C**.

2.1.1.2 Cálculo de los coeficientes de convección de transmisión de calor.

En este apartado calcularemos a través de formulas empíricas y valores obtenidos por distintas personas mediante mediciones, los coeficientes de convección.

Los coeficientes se dividen entre internos y externos.

2.1.1.2.1 Coeficientes de convección interiores.

Cuando se desea conocer el coeficiente superficial de transmisión en un recinto cerrado donde la velocidad del aire es inferior a 0,2 m/s, se pueden emplear los valores obtenidos por Croiset, (1976):

Superficie	Flujo	hc
Horizontal	Descendente	1 Kcal/h m ² °C = 1,163 W/m ² °C
Horizontal	Ascendente	6 Kcal/h m ² °C = 6,978 W/m ² °C
Vertical	Hacia el interior	4 Kcal/h m ² °C = 4,652 W/m ² °C

Tabla 2.1.1.2.1.1- Valores de Croiset, para velocidad del aire < 2 m/s

Por lo tanto, para el interior de los túneles y bodegas, los valores considerados serían:

Superficie horizontal y flujo descendente, techo de la túneles y bodegas:

h_{IT} : coeficiente de convección interior en techo.

$$h_{IT} = 1 \text{ kcal/h} \cdot \text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C} = 1,163 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$$

Superficie horizontal y flujo ascendente, suelo de la túneles y bodegas:

h_{IS} : coeficiente de convección interior en suelo.

$$h_{IS} = 6 \text{ kcal/h} \cdot \text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C} = 6,978 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$$

Superficie vertical, paredes de la de la túneles y bodegas:

h_{IP} : coeficiente de convección interior en paredes.

$$h_{IP} = 4 \text{ kcal/h} \cdot \text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C} = 4,652 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$$

2.1.1.2.2 Coeficientes de convección exteriores.

2.1.1.2.2.1 Túneles de congelación.

Calcularemos solamente el túnel que está situado en el parque de elaboración de pescado, debido a que es el más desfavorable según su ubicación y luego tomaremos esos datos para el resto de los túneles.

Para el cálculo de los aislamientos vamos a considerar que cada túnel está formado por cuatro paredes, suelo y techo, hay que averiguar cual es su coeficiente de convección exterior de cada una de las distintas superficies.

PAREDES LONGITUDINALES;

Las paredes longitudinales son dos:

- la del costado del buque
- la que da al parque de pesca

Pared que da al costado del barco:

Para el cálculo de los coeficientes cuando el fluido es agua se puede emplear la siguiente formula simplificada (Melgarejo):

$$h_c = 300 + 1800 \sqrt{v} \quad (2.1.1.2.2.1.1)$$

Donde:

h_c : Coeficiente superficial de transmisión ($\text{kcal/h}\cdot\text{m}^2\cdot^\circ\text{C}$).

v : Velocidad del agua (m/s).

Esta pared se encuentra sumergida en el agua. Para el cálculo del coeficiente se emplea la formula simplificada (Melgarejo).

Suponiendo que el barco se desplaza a una velocidad de 15 nudos:

$$V = 15 \text{ millas/hora} = 7,716 \text{ m/s}$$

$$h_{CB} = 300 + 1800 \sqrt{7,716} = 5300 \text{ kcal/h}\cdot\text{m}^2\cdot^\circ\text{C} = 5815,232 \text{ W/m}^2\cdot^\circ\text{C}$$

Pared que da al parque de pesca:

Cuando tenemos aire en movimiento lo mejor es utilizar la formula de Jurgens para estimar el valor de los de los coeficientes superficiales de transmisión, a través del cálculo de los coeficientes de convección:

$$h = a + b \cdot v^n \quad (2.1.1.2.2.1.2)$$

Donde:

h: Coeficiente superficial de transmisión (kcal/h·m²·°C).

v: Velocidad del aire (m/s).

Estado de la Superficie	v < 5 m/s			v > 5 m/s		
	a	b	n	a	b	n
Pulida	4,83	3,30	1	0	6,17	0,78
Rugosa	5,32	3,70	1	0	6,54	0,78

Tabla 2.1.1.2.2.1.1- Coeficientes superficiales de transmisión de calor del aire para la formula de Jurgens.

Suponiendo que la velocidad del aire en el parque de pesca es de 0,84 m/s y la superficie de la pared es lisa:

h_{TC} : Coeficiente de transmisión el parque de pesca

$$h_{TC} = 4,83 + 3,30 \cdot 0,84^1 = 7,602 \text{ kcal/h} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{°C} = 8,841 \text{ W/m}^2 \cdot \text{°C}$$

PAREDES TRANSVERSALES;

Cada túnel tiene dos paredes transversales, la de proa y la de popa.

Pared de popa:

El coeficiente de convección exterior va a ser el mismo que el de la pared longitudinal que da al parque de pesca, expuesto en el apartado anterior.

Suponiendo que la velocidad del aire en el parque de pesca es de 0,84 m/s y la superficie de la pared es lisa:

h_{TC} : Coeficiente de transmisión el parque de pesca

$$h_{TC} = 4,83 + 3,30 \cdot 0,84^1 = 7,602 \text{ kcal/h} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{°C} = 8,841 \text{ W/m}^2 \cdot \text{°C}$$

Pared de proa:

En este caso el coeficiente exterior es el coeficiente interno de un túnel. Como el estudio de la planta frigorífica es en las peores condiciones, a la hora hacer el cálculo las peores condiciones serian si el túnel adyacente se encuentra sin carga. Al estar vacío su temperatura es de unos 25 °C.

El valor del coeficiente lo vamos a tomar al igual que en los interiores de pared vertical.

h_{EP} coeficiente de convección exterior en paredes.

$$h_{EP} = 4 \text{ kcal/h}\cdot\text{m}^2\cdot\text{°C} = 4,652 \text{ W/m}^2\cdot\text{°C}$$

PAREDES HORIZONTALES:

En este apartado calcularemos lo coeficientes exteriores del techo y suelo de los túneles.

Techo:

Sobre el techo de las túneles se encuentran locales de habitación del buque, los cuales suponemos tienen una superficie rugosa y una velocidad del aire de 0,25 m/s.

h_{PP} : Coeficiente de transmisión del parque de pesca.

$$h_{PP} = 5,32 + 3,70 \cdot 0,25^1 = 6,245 \text{ kcal/h}\cdot\text{m}^2\cdot\text{°C} = 7,262 \text{ W/m}^2\cdot\text{°C}.$$

Suelo:

En este caso el coeficiente exterior es el coeficiente interno de la bodega. Como el estudio de la planta frigorífica es en las peores condiciones, a la hora hacer el cálculo las peores condiciones serian si la bodega se encuentra sin carga. Al estar vacío su temperatura es de unos 25 °C.

El valor del coeficiente lo vamos a tomar al igual que en una superficie horizontal y flujo ascendente:

h_{iS} : Coeficiente de convección interior en suelo.

$$h_{iS} = 6 \text{ kcal/h}\cdot\text{m}^2\cdot\text{°C} = 6,978 \text{ W/m}^2\cdot\text{°C}$$

2.1.1.2.2.2 Bodegas de conservación.

Para el cálculo de los aislamientos vamos a considerar que la bodega esta formada por cuatro paredes, suelo y techo. hay que averiguar cual es su coeficiente de convección exterior de cada una de las distintas superficies.

PAREDES LONGITUDINALES:

Las paredes longitudinales son dos, los dos costados del buque.

Paredes que dan al costado del barco:

Estas paredes se encuentran sumergidas en el agua. Para el cálculo del coeficiente se emplea la formula simplificada Melgarejo (2.1.1.2.2.1.1), ya usada en el apartado anterior (2.1.1.2.2.1 Túneles de congelación).

Suponiendo igual que en el apartado anterior que el barco se desplaza a una velocidad de 15 nudos:

$$V = 15 \text{ millas/hora} = 7,716 \text{ m/s}$$

$$h_{CB} = 300 + 1800 \sqrt{7,716} = 5300 \text{ kcal/h}\cdot\text{m}^2\cdot\text{°C} = 5815,232 \text{ W/m}^2\cdot\text{°C}$$

PAREDES TRANSVERSALES:

La bodega tiene dos paredes transversales, la de proa y la de popa.

En este caso el coeficiente exterior, lo consideraremos como un coeficiente interno, debido a que ambas paredes son adyacentes a tanques de combustible, tanques de agua dulce o sala de máquinas, lugares donde no existe movimiento alguno de aire.

El valor del coeficiente lo vamos a tomar al igual que en los interiores de pared vertical.

h_{EP} : Coeficiente de convección exterior en paredes.

$$h_{EP} = 4 \text{ kcal/h}\cdot\text{m}^2\cdot\text{°C} = 4,652 \text{ W/m}^2\cdot\text{°C}$$

PAREDES HORIZONTALES:

En este apartado calcularemos lo coeficientes exteriores del techo y suelo de la bodega.

Techo:

Sobre el techo de la bodega se encuentran otros locales frigoríficos como los túneles de congelación y los dos entrepuentes. En este caso el coeficiente exterior lo consideraremos como coeficiente interno. Como el estudio de la planta frigorífica es en las peores condiciones, a la hora hacer el cálculo las peores condiciones serian si los recintos descritos se encontrasen. Al estar vacío su temperatura es de unos 25 °C.

El valor del coeficiente lo vamos a tomar al igual que en una superficie horizontal y flujo descendente:

h_{IS} : Coeficiente de convección interior en techo.

$$h_{IS} = 1 \text{ kcal/h}\cdot\text{m}^2\cdot\text{°C} = 1,163 \text{ W/m}^2\cdot\text{°C}$$

Suelo:

Bajo el suelo de la bodega están los tanques dobles fondos, para este valor habrá que interpolar en tablas.

h_{DF} : Coeficiente de transmisión de los dobles fondos.

$$h_{DF} = 4,456 \text{ W/m}^2 \cdot \text{°C}.$$

2.1.1.2.2.3 Entrepunte de carga.

Para el cálculo de los aislamientos vamos a considerar que este entrepunte está formado por cuatro paredes, suelo y techo. hay que averiguar cual es su coeficiente de convección exterior de cada una de las distintas superficies.

PAREDES LONGITUDINALES;

Las paredes longitudinales son dos, los dos costados del buque.

Paredes que dan al costado del barco:

Estas paredes se encuentran sumergidas en el agua. Para el calculo del coeficiente se emplea la formula simplificada Melgarejo (2.1.1.2.2.1.1), ya usada en el apartados anteriores.

Suponiendo igual que en el apartado anterior que el barco se desplaza a una velocidad de 15 nudos:

$$V = 15 \text{ millas/hora} = 7,716 \text{ m/s.}$$

$$h_{CB} = 300 + 1800 \sqrt{7,716} = 5300 \text{ kcal/h}\cdot\text{m}^2\cdot\text{°C} = 5815,232 \text{ W/m}^2\text{°C}$$

PAREDES TRANSVERSALES;

Este entrepunte tiene dos paredes transversales, la de proa y la de popa.

En este caso el coeficiente exterior, lo consideraremos como un coeficiente interno, debido a que ambas paredes son adyacentes a tanques de combustible la pared de proa y al otro entrepunte la pared de popa, lugares donde no existe movimiento alguno de aire.

El valor del coeficiente lo vamos a tomar al igual que en los interiores de pared vertical.

h_{EP} : Coeficiente de convección exterior en paredes.

$$h_{EP} = 4 \text{ kcal/h}\cdot\text{m}^2\cdot\text{°C} = 4,652 \text{ W/m}^2\cdot\text{°C}$$

PAREDES HORIZONTALES:

En este apartado calcularemos los coeficientes exteriores del techo y suelo de este entrepuente.

Techo:

Sobre el techo de este entrepuente se encuentran locales de habitación del buque, los cuales suponemos tienen una superficie rugosa y una velocidad del aire de 0,25 m/s.

h_{PP} : Coeficiente de transmisión del techo.

$$h_{PP} = 5,32 + 3,70 \cdot 0,25^1 = 6,245 \text{ kcal/h}\cdot\text{m}^2\cdot\text{°C} = 7,262 \text{ W/m}^2\cdot\text{°C}.$$

Suelo:

En este caso el coeficiente exterior, lo consideraremos como un coeficiente interno, debido a que el suelo de este entrepuente es adyacente a la bodega principal, lugar donde no existe movimiento alguno de aire.

El valor del coeficiente lo vamos a tomar al igual que en los interiores de pared horizontal ascendente.

h_{EP} : Coeficiente de convección exterior en pared horizontal con flujo ascendente.

$$h_{EP} = 6 \text{ kcal/h}\cdot\text{m}^2\cdot\text{°C} = 6,978 \text{ W/m}^2\cdot\text{°C}.$$

2.1.1.2.2.4 Entrepunte de cartonaje.

Para el cálculo de los aislamientos vamos a considerar que este entrepuente está formado por cuatro paredes, suelo y techo. Hay que averiguar cuál es su coeficiente de convección exterior de cada una de las distintas superficies.

PAREDES LONGITUDINALES;

Las paredes longitudinales son dos:

- la del costado estribor del buque
- la que da a los túneles

Pared que da al costado del barco:

Esta pared se encuentra sumergida en el agua. Para el cálculo del coeficiente se emplea la fórmula simplificada (Melgarejo);

Suponiendo que el barco se desplaza a una velocidad de 15 nudos:

$$V = 15 \text{ millas/hora} = 7,716 \text{ m/s}$$

$$h_{CB} = 300 + 1800 \sqrt{7,716} = 5300 \text{ kcal/h}\cdot\text{m}^2\cdot\text{°C} = 5815,232 \text{ W/m}^2\text{°C}$$

Pared que da a los túneles:

En este caso el coeficiente exterior, lo consideraremos como un coeficiente interno, debido a que esta pared es adyacente a túneles de congelación, lugares donde no existe movimiento alguno de aire.

El valor del coeficiente lo vamos a tomar al igual que en los interiores de pared vertical.

h_{EP} : Coeficiente de convección exterior en pared vertical.

$$h_{EP} = 4 \text{ kcal/h}\cdot\text{m}^2\cdot\text{°C} = 4,652 \text{ W/m}^2\text{°C}$$

PAREDES TRANSVERSALES;

Las paredes transversales son dos:

- la de proa que es adyacente al otro entrepuente.
- la de popa que es adyacente al parque de pesca.

Pared de proa:

En este caso el coeficiente exterior, lo consideraremos como un coeficiente interno, debido a que esta pared es adyacente al otro entrepuente, lugar donde no existe movimiento alguno de aire.

El valor del coeficiente lo vamos a tomar al igual que en los interiores de pared vertical.

h_{EP} : Coeficiente de convección exterior en pared vertical.

$$h_{EP} = 4 \text{ kcal/h}\cdot\text{m}^2\cdot\text{°C} = 4,652 \text{ W/m}^2\cdot\text{°C}$$

Pared de popa:

En este caso, es la pared que da al parque de pesca, y se emplea la fórmula de Jurgens, cuya explicación la encontramos en el Anexo I.

Suponiendo que la velocidad del aire en el parque de pesca es de 0,84 m/s y la superficie de la pared es lisa:

h_{TC} : Coeficiente de transmisión el parque de pesca

$$h_{TC} = 4,83 + 3,30 \cdot 0,84^1 = 7,602 \text{ kcal/h}\cdot\text{m}^2\cdot\text{°C} = 8,841 \text{ W/m}^2\cdot\text{°C}$$

PAREDES HORIZONTALES;

En este apartado calcularemos los coeficientes exteriores del techo y suelo de este entrepuente.

Techo:

Sobre el techo de este entrepuente se encuentran locales de habitación del buque, los cuales suponemos tienen una superficie rugosa y una velocidad del aire de 0,25 m/s.

h_{PP} : Coeficiente de transmisión del techo.

$$h_{PP} = 5,32 + 3,70 \cdot 0,25^1 = 6,245 \text{ kcal/h}\cdot\text{m}^2\cdot\text{°C} = 7,262 \text{ W/m}^2\cdot\text{°C}.$$

Suelo:

En este caso el coeficiente exterior, lo consideraremos como un coeficiente interno, debido a que el suelo de este entrepuente es adyacente a la bodega principal, lugar donde no existe movimiento alguno de aire.

El valor del coeficiente lo vamos a tomar al igual que en los interiores de pared horizontal ascendente.

h_{EP} : Coeficiente de convección exterior en pared horizontal con flujo ascendente.

$$h_{EP} = 6 \text{ kcal/h}\cdot\text{m}^2\cdot^{\circ}\text{C} = 6,978 \text{ W/m}^2\cdot^{\circ}\text{C}$$

2.1.2 Cálculo de los espesores del aislamiento en los distintos recintos.

Calcularemos el espesor de poliuretano a inyectar. Este estudio siempre se va a hacer considerando las peores condiciones.

Esto significa que cuando más transmisión de calor recibe un local es cuando a su alrededor los túneles o bodegas están vacíos y sin servicio. Estos ceden calor al túnel o bodega que vamos a realizar el estudio.

Solamente se va a calcular el aislamiento de un túnel y la bodega de conservación:

2.1.2.1 Cálculo del espesor de aislamiento fijando el flujo de calor máximo permitido de un túnel.

PARED LONGITUDINAL DEL COSTADO DEL BUQUE;

Datos de diseño:

$$Q_{\text{máx}} = 6,96 \text{ W/m}^2 \text{ (Máximo permitido).}$$

$$h_{CB} = \text{Coeficiente de convección en los costados del buque} = 5815,232 \text{ W/m}^2\cdot^{\circ}\text{C}$$

$$h_{IP} = \text{Coeficiente de convección interior en paredes.} = 4,652 \text{ W/m}^2\cdot^{\circ}\text{C}$$

e_1 : Espesor del forro exterior del casco = 20 mm = 0,020 m

e_3 : Espesor del forro interior de las túnel = 3 mm = 0,003 m

k_1 y $k_3 = k_{ACERO}$: Coeficiente de transmisión de calor del acero = 58 W/m²°C

$k_2 = k_{POLIURETANO}$: Coeficiente de transmisión de calor del poliuretano.

$k_{POLIURETANO} = 0,023$ W/m²°C

$T_i = -25$ °C

$T_e = +32$ °C

Realizando las operaciones convenientes para obtener el espesor, e, tenemos que:

$$Q_{\text{máx}} = U \cdot S \cdot \Delta T, \quad (2.1.2.1.1)$$

luego para $S = 1$ m², tenemos que:

$$U = \frac{Q_{\text{máx}}}{\Delta T}$$

$$Q_{\text{máx}} = U \cdot S \cdot \Delta T = U \cdot \Delta T = \frac{\Delta T}{R}; \quad R = \frac{\Delta T}{Q_{\text{máx}}}; \quad \text{donde } R = \frac{e}{k} + \frac{1}{h_e} + \sum_{j=1}^n \left(\frac{e_j}{k_j} \right) + \frac{1}{h_i}$$

$$\frac{e}{k} + \frac{1}{h_e} + \sum \left(\frac{e_i}{k_i} \right) + \frac{1}{h_i} = \frac{\Delta T}{Q_{\text{máx}}}; \quad \frac{e}{k} = \frac{\Delta T}{Q_{\text{máx}}} - \left[\frac{1}{h_e} + \sum_{j=1}^n \left(\frac{e_j}{k_j} \right) + \frac{1}{h_i} \right] \quad (2.1.2.1.2)$$

$$\Delta T = (T_e - T_i) \quad (2.1.2.1.3)$$

Finalmente, el espesor del aislante es:

$$e = \left\{ \frac{\Delta T}{Q_{\text{máx}}} - \left[\frac{1}{h_i} + \frac{1}{h_e} + \left(\frac{e_1}{k_1} + \frac{e_3}{k_3} \right) \right] \right\} k \quad (2.1.2.1.4)$$

Sustituyendo los valores en las ecuaciones obtenemos:

$$\Delta T = (T_e - T_i) = [32 - (-25)] = 57 \text{ °C}$$

$$e = \left\{ \frac{57}{6,96} - \left[\frac{1}{4,652} + \frac{1}{5815,232} + \left(\frac{0,020}{58} + \frac{0,003}{58} \right) \right] \right\} 0,023 = 0,1834 \text{ m}$$

Normalmente se suele aumentar un 5% a 10 % el espesor de la capa de aislante para tener un margen de seguridad.

El calor transmitido por la radiación solar es recibido por la obra muerta del barco, el calor se transmite con mayor facilidad por los costados del buque.

Cuando se inyecta el poliuretano entre la pared interior y el forro, no se tiene garantía de que el recubrimiento de todo el volumen sea del 100%.

En algunas ocasiones el agua de mar puede superar los 32 °C.

Ahora conociendo el espesor de poliuretano que se quiere inyectar se calcularía el flujo de calor por metro cuadrado, a través de la fórmula:

$$Q_{\text{máx}} = U \cdot \Delta T = \frac{1}{\frac{1}{h_i} + \frac{e_1}{k_1} + \frac{e}{k_2} + \frac{e_3}{k_3} + \frac{1}{h_e}} \cdot \Delta T \quad (2.1.2.1.5)$$

En este caso, no lo calculo, debido a que el balance térmico, se calculará mediante un programa adecuado para ello, programa Bpfrio.

PAREDES ADYACENTES AL PARQUE DE PESCA; (una pared longitudinal y la pared transversal de popa):

$$Q_{\text{máx}} = 6,96 \text{ W/m}^2 \text{ (Máximo permitido).}$$

$$h_{TC} = \text{Coeficiente de convección exterior en esta pared} = 8,841 \text{ W/m}^2 \text{ °C}$$

$$h_{IP} = \text{Coeficiente de convección interior en paredes.} = 4,652 \text{ W/m}^2 \text{ °C}$$

$$e_1: \text{Espesor del forro exterior del túnel} = 8 \text{ mm} = 0,008 \text{ m}$$

$$e_3: \text{Espesor del forro interior de las túnel} = 3 \text{ mm} = 0,003 \text{ m}$$

$$k_1 \text{ y } k_3 = k_{ACERO}: \text{Coeficiente de transmisión de calor del acero} = 58 \text{ W/m °C}$$

$$k_2 = k_{POLIURETANO}: \text{Coeficiente de transmisión de calor del poliuretano.}$$

$$k_{POLIURETANO} = 0,023 \text{ W/m °C}$$

$$T_i = -25 \text{ °C}$$

$$T_e = +35 \text{ °C (cuando está parado)}$$

Calculamos el espesor empleando las ecuaciones desarrolladas anteriormente

$$e = \left\{ \frac{\Delta T}{Q_{\text{máx}}} - \left[\frac{1}{h_i} + \frac{1}{h_e} + \left(\frac{e_1}{k_1} + \frac{e_3}{k_3} \right) \right] \right\} k \quad (2.1.2.1.4)$$

Sustituyendo los valores en las ecuaciones obtenemos:

$$\Delta T = (T_e - T_i) = [25 - (-25)] = 50^\circ\text{C}$$

$$e = \left\{ \frac{50}{6,96} - \left[\frac{1}{4,652} + \frac{1}{4,652} + \left(\frac{0,008}{58} + \frac{0,003}{58} \right) \right] \right\} 0,023 = 0,155 \text{ m}$$

En este caso aumentaremos el espesor del aislante en un 5% a 10%.

PARED ADYACENTE AL TUNEL CONTIGUO:

$Q_{\text{máx}} = 6,96 \text{ W/m}^2$ (Máximo permitido).

$h_{\text{TC}} =$ Coeficiente de convección exterior en esta pared = $4,652 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$

$h_{\text{IP}} =$ Coeficiente de convección interior en paredes. = $4,652 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$

$e_1:$ Espesor del forro exterior del túnel = $8 \text{ mm} = 0,008 \text{ m}$

$e_3:$ Espesor del forro interior de las tunel= $3 \text{ mm} = 0,003 \text{ m}$

k_1 y $k_3 = k_{\text{ACERO}}:$ Coeficiente de transmisión de calor del acero = $58 \text{ W/m }^\circ\text{C}$

$k_2 = k_{\text{POLIURETANO}}:$ Coeficiente de transmisión de calor del poliuretano.

$k_{\text{POLIURETANO}} = 0,023 \text{ W/m }^\circ\text{C}$

$T_i = -25 \text{ }^\circ\text{C}$

$T_e = +25 \text{ }^\circ\text{C}$ (cuando está parado)

Calculamos el espesor empleando las ecuaciones desarrolladas anteriormente

$$e = \left\{ \frac{\Delta T}{Q_{\text{máx}}} - \left[\frac{1}{h_i} + \frac{1}{h_e} + \left(\frac{e_1}{k_1} + \frac{e_3}{k_3} \right) \right] \right\} k \quad (2.1.2.1.4)$$

Sustituyendo los valores en las ecuaciones obtenemos:

$$\Delta T = (T_e - T_i) = [25 - (-25)] = 50 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$e = \left\{ \frac{50}{6,96} - \left[\frac{1}{4,652} + \frac{1}{4,652} + \left(\frac{0,008}{58} + \frac{0,003}{58} \right) \right] \right\} 0,023 = 0,155 \text{ m}$$

En este caso aumentaremos el espesor del aislante en un 5% a 10%.

PAREDES HORIZONTALES;

Techo:

Datos de diseño:

$$Q_{\text{máx}} = 6,96 \text{ W/m}^2 \text{ (Máximo permitido).}$$

$$h_{\text{CB}} = \text{Coeficiente de convección en los costados del buque} = 7,262 \text{ W/m}^2\text{°C}$$

$$h_{\text{IP}} = \text{Coeficiente de convección interior en techo} = 1,163 \text{ W/m}^2\text{°C}$$

$$e_1: \text{Espesor del forro exterior del casco} = 20 \text{ mm} = 0,020 \text{ m}$$

$$e_3: \text{Espesor del forro interior de la túnel} = 3 \text{ mm} = 0,003 \text{ m}$$

$$k_1 \text{ y } k_3 = k_{\text{ACERO}}: \text{Coeficiente de transmisión de calor del acero} = 58 \text{ W/m}^2\text{°C}$$

$$k_2 = k_{\text{POLIURETANO}}: \text{Coeficiente de transmisión de calor del poliuretano.}$$

$$k_{\text{POLIURETANO}} = 0,023 \text{ W/m}^2\text{°C}$$

$$T_i = -25 \text{ °C}$$

$$T_e = +35 \text{ °C}$$

Realizando las operaciones convenientes para obtener el espesor, e , tenemos que:

$$\Delta T = (T_e - T_i) = [35 - (-25)] = 60 \text{ °C}$$

$$e = \left\{ \frac{60}{6,96} - \left[\frac{1}{1,163} + \frac{1}{7,262} + \left(\frac{0,020}{58} + \frac{0,003}{58} \right) \right] \right\} 0,023 = 0,175 \text{ m}$$

Normalmente se suele aumentar un 5% a 15 % el espesor de la capa de aislante para tener un margen de seguridad.

Suelo:

Datos de diseño:

$$Q_{\text{máx}} = 6,96 \text{ W/m}^2 \text{ (Máximo permitido).}$$

$$h_{\text{CB}} = \text{Coeficiente de convección en el suelo del buque} = 6,978 \text{ W/m}^2\text{°C}$$

$h_{IP} =$ Coeficiente de convección interior en suelo = $6,978 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$
 $e_1:$ Espesor del forro exterior del casco = $20 \text{ mm} = 0,020 \text{ m}$
 $e_3:$ Espesor del forro interior de la túnel = $3 \text{ mm} = 0,003 \text{ m}$
 $k_1 \text{ y } k_3 = k_{ACERO}:$ Coeficiente de transmisión de calor del acero = $58 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$
 $k_2 = k_{POLIURETANO}:$ Coeficiente de transmisión de calor del poliuretano.
 $k_{POLIURETANO} =$ $0,023 \text{ W/m}^2\text{ }^\circ\text{C}$
 $T_i =$ $-25 \text{ }^\circ\text{C}$
 $T_e =$ $+25 \text{ }^\circ\text{C}$

Realizando las operaciones convenientes para obtener el espesor, e, tenemos que:

$$\Delta T = (T_e - T_i) = [25 - (-25)] = 50 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$e = \left\{ \frac{50}{6,96} - \left[\frac{1}{6,978} + \frac{1}{6,978} + \left(\frac{0,020}{58} + \frac{0,003}{58} \right) \right] \right\} 0,023 = 0,1586 \text{ m}$$

Normalmente se suele aumentar un 5% a 20 % el espesor de la capa de aislante para tener un margen de seguridad.

Este estudio será válido para el resto de túneles.

2.1.2.2 Cálculo del espesor de aislamiento fijando el flujo de calor máximo permitido de la bodega de conservación.

En este estudio será válido para el resto de bodegas:

PAREDES LONGITUDINALES DEL COSTADO DEL BUQUE (babor y estribor);

Datos de diseño:

$Q_{m\acute{a}x} =$ $6,96 \text{ W/m}^2$ (Máximo permitido).
 $h_{CB} =$ Coeficiente de convección en los costados del buque = $5815,232 \text{ W/m}^2\text{ }^\circ\text{C}$
 $h_{IP} =$ Coeficiente de convección interior en paredes. = $4,652 \text{ W/m}^2\text{ }^\circ\text{C}$
 $e_1:$ Espesor del forro exterior del casco = $20 \text{ mm} = 0,020 \text{ m}$

e_3 : Espesor del forro interior de las cubas = 3 mm = 0,003 m

k_1 y $k_3 = k_{ACERO}$: Coeficiente de transmisión de calor del acero = 58 W/m² °C

$k_2 = k_{POLIURETANO}$: Coeficiente de transmisión de calor del poliuretano.

$k_{POLIURETANO} = 0,023$ W/m²°C

$T_i = -25$ °C

$T_e = +32$ °C

Realizando las operaciones convenientes para obtener el espesor, e, tenemos que:

$$\Delta T = (T_e - T_i) = [32 - (-25)] = 57 \text{ °C}$$

$$e = \left\{ \frac{57}{6,96} - \left[\frac{1}{4,652} + \frac{1}{5815,232} + \left(\frac{0,020}{58} + \frac{0,003}{58} \right) \right] \right\} 0,023 = 0,1834 \text{ m}$$

Normalmente se suele aumentar un 5% a 10% el espesor de la capa de aislante para tener un margen de seguridad.

PARED TRANSVERSAL DE POPA ADYACENTE A LA CAMARA DE MAQUINAS:

Datos de diseño:

$Q_{\text{máx}} = 6,96$ W/m² (Máximo permitido).

$h_{CB} =$ Coeficiente de convección exterior de la pared = 4,652 W/m² °C

$h_{IP} =$ Coeficiente de convección interior en paredes. = 4,652 W/m² °C

e_1 : Espesor del forro exterior del casco = 20 mm = 0,020 m

e_3 : Espesor del forro interior de las cubas = 3 mm = 0,003 m

k_1 y $k_3 = k_{ACERO}$: Coeficiente de transmisión de calor del acero = 58 W/m² °C

$k_2 = k_{POLIURETANO}$: Coeficiente de transmisión de calor del poliuretano.

$k_{POLIURETANO} = 0,023$ W/m² °C

$T_i = -25$ °C

$T_e = +40$ °C

Realizando las operaciones convenientes para obtener el espesor, e, tenemos que:

$$\Delta T = (T_e - T_i) = [40 - (-25)] = 65 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$e = \left\{ \frac{65}{6,96} - \left[\frac{1}{4,652} + \frac{1}{4,652} + \left(\frac{0,020}{58} + \frac{0,003}{58} \right) \right] \right\} 0,023 = 0,2049 \text{ m}$$

Normalmente en esta pared, por seguridad, se les suele aumentar hasta un 30% el espesor de la capa del aislamiento, debido a las altas temperaturas de la sala de máquinas.

PARED TRANSVERSAL DE PROA ADYACENTE A TANQUES DE COMBUSTIBLE, TANQUES DE AGUA DULCE:

Datos de diseño:

$$Q_{\text{máx}} = 6,96 \text{ W/m}^2 \text{ (Máximo permitido).}$$

$$h_{\text{CB}} = \text{Coeficiente de convección exterior de la pared} = 4,652 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$h_{\text{IP}} = \text{Coeficiente de convección interior en paredes} = 4,652 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$e_1: \text{Espesor del forro exterior del casco} = 20 \text{ mm} = 0,020 \text{ m}$$

$$e_3: \text{Espesor del forro interior de las cubas} = 3 \text{ mm} = 0,003 \text{ m}$$

$$k_1 \text{ y } k_3 = k_{\text{ACERO}}: \text{Coeficiente de transmisión de calor del acero} = 58 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$k_2 = k_{\text{POLIURETANO}}: \text{Coeficiente de transmisión de calor del poliuretano.}$$

$$k_{\text{POLIURETANO}} = 0,023 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_i = -25 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_e = +25 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Realizando las operaciones convenientes para obtener el espesor, e, tenemos que:

$$\Delta T = (T_e - T_i) = [25 - (-25)] = 50 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$e = \left\{ \frac{50}{6,96} - \left[\frac{1}{4,652} + \frac{1}{4,652} + \left(\frac{0,020}{58} + \frac{0,003}{58} \right) \right] \right\} 0,023 = 0,1553 \text{ m}$$

Normalmente se suele aumentar un 5% a 20% el espesor de la capa de aislante para tener un margen de seguridad.

PAREDES HORIZONTALES:

Techo:

Datos de diseño:

$$Q_{\text{máx}} = 6,96 \text{ W/m}^2 \text{ (Máximo permitido).}$$

$$h_{\text{CB}} = \text{Coeficiente de convección exterior del techo} = 1,163 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$h_{\text{IP}} = \text{Coeficiente de convección interior en paredes.} = 4,652 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$e_1: \text{Espesor del forro exterior del casco} = 20 \text{ mm} = 0,020 \text{ m}$$

$$e_3: \text{Espesor del forro interior de la túnel} = 3 \text{ mm} = 0,003 \text{ m}$$

$$k_1 \text{ y } k_3 = k_{\text{ACERO}}: \text{Coeficiente de transmisión de calor del acero} = 58 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$k_2 = k_{\text{POLIURETANO}}: \text{Coeficiente de transmisión de calor del poliuretano.}$$

$$k_{\text{POLIURETANO}} = 0,023 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$T_i = -25 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$T_e = +25 \text{ }^\circ\text{C}$$

Realizando las operaciones convenientes para obtener el espesor, e, tenemos que:

$$\Delta T = (T_e - T_i) = [25 - (-25)] = 50 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$e = \left\{ \frac{50}{6,96} - \left[\frac{1}{4,652} + \frac{1}{1,163} + \left(\frac{0,020}{58} + \frac{0,003}{58} \right) \right] \right\} 0,023 = 0,140 \text{ m}$$

Normalmente se suele aumentar un 5% a 20 % el espesor de la capa de aislante para tener un margen de seguridad.

Suelo:

Datos de diseño:

$$Q_{\text{máx}} = 6,96 \text{ W/m}^2 \text{ (Máximo permitido).}$$

$$h_{\text{CB}} = \text{Coeficiente de convección en los costados del buque} = 4,652 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$h_{\text{IP}} = \text{Coeficiente de convección interior en paredes.} = 4,652 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$e_1: \text{Espesor del forro exterior del casco} = 20 \text{ mm} = 0,020 \text{ m}$$

$$e_3: \text{Espesor del forro interior de la túnel} = 3 \text{ mm} = 0,003 \text{ m}$$

$$k_1 \text{ y } k_3 = k_{\text{ACERO}}: \text{Coeficiente de transmisión de calor del acero} = 58 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$k_2 = k_{\text{POLIURETANO}}: \text{Coeficiente de transmisión de calor del poliuretano.}$$

$$k_{\text{POLIURETANO}} = 0,023 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$T_i = -25 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$T_e = +25 \text{ }^\circ\text{C}$$

Realizando las operaciones convenientes para obtener el espesor, e , tenemos que:

$$\Delta T = (T_e - T_i) = [25 - (-25)] = 50 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$e = \left\{ \frac{50}{6,96} - \left[\frac{1}{4,652} + \frac{1}{4,652} + \left(\frac{0,020}{58} + \frac{0,003}{58} \right) \right] \right\} 0,023 = 0,1553 \text{ m}$$

Normalmente se suele aumentar un 5% a 20 % el espesor de la capa de aislante para tener un margen de seguridad.

2.1.2.3 Cálculo del espesor de aislamiento fijando el flujo de calor máximo permitido en los entrepuentes de conservación.

Siguiendo el mismo método de cálculo, los espesores del aislamiento de las paredes, techo y suelo de los entrepuentes, serán los siguientes:

ENTREPUNTE DE CARGA:

Paredes longitudinales (estribor y babor):	0,200 m. de poliuretano expandido.
Paredes transversal de proa:	0,200 m. de poliuretano expandido.
Paredes transversal de popa:	0,150 m. de poliuretano expandido.
Techo:	0,200 m. de poliuretano expandido.

Suelo: 0,200 m. de poliuretano expandido.

ENTREPUNTE DE CARTONAJE:

Paredes longitudinales (estribor y babor): 0,200 m. de poliuretano expandido.

Paredes transversal de proa: 0,150 m. de poliuretano expandido.

Paredes transversal de popa: 0,200 m. de poliuretano expandido.

Techo: 0,200 m. de poliuretano expandido.

Suelo: 0,200 m. de poliuretano expandido.

Impresión Resultados Balance			
Empresa: TFG/GEME-21-13		Autor :Javier Trillo	
Tipo: Tunel Discontinuo Congelación		Fecha : 26/08/2014	
Título: Balance térmico túneles de			
Condiciones Interiores de la Cámara: Temperatura -25 °C Humedad Relativa 80 %		Condiciones Exteriores de proyecto: Temperatura 35 °C Humedad Relativa 50 % T.del Terreno 25 °C	
Características constructivas de la cámara Alto 2,25 m Ancho 2,25 m Largo 3,28 m			
Características Cerramientos			
Características Paredes y Techo Superficie 32,30 m ² Poliuretano expandido 20 cm		Interior Flujo de Calor 6,8 W/m ² K= 0,1133 W/m ² °C Potencia Perdida= 0,22 kW Temperatura eq= 35,00 °C	
Características Suelo Superficie 7,38 m ² Poliuretano expandido 20 cm		A otro local Flujo de Calor 6,9 W/m ² K= 0,1148 W/m ² °C Potencia Perdida= 0,05 kW Temperatura eq= 35,00 °C	
Denominación: Pescado magro Tonelaje entrada por carga (Ton) 2			
Temperatura Congelación (°C) -1,5		Temperatura Final del Producto(°C) -15	
Cp Antes de Congelar (kJ/kg°C) 3,6		Temperatura Entrada Producto (°C) 25	
C. Latente Congelación (kJ/kg°C) 251,21		Tiempo de régimen (h) 7	
Cp despues de Congelar (kJ/kg°C) 2,09		% de peso del Embalaje 3	
		Calor Especifico del Embalaje (kJ/kg°C) 2,72	
		% de peso del Palet 5	
		Calor Especifico del Palet (kJ/kg°C) 2,72	
Calor (kW-h)			
Antes de Congelar 53,00		Potencias Térmicas (kW)	
Congelación 139,56		Enfriamiento del Producto 29,75	
Después de Congelar 15,67		Enfriamiento Embalaje 0,26	
		Enfriamiento Palet --	

Carga por Renovación de Aire			
Condiciones de Trabajo		Trabajo intenso	
Nº Renovaciones/día considerado		36,40	
Volumen Renovado (m³/h)		25,20	
Condiciones Aire Renovación:			
Temperatura (°C)	35		
Humedad (%)	50		
		Potencia Térmica Perdida en Renovación	0,88 kW
Carga por Personas			
Nº de personas	0	Potencia Térmica Perdida por Personas	0,00 kW
Carga por Iluminación			
Iluminación (W/m²)	0	Potencia Térmica Perdida por Iluminación	0,00 kW
Carga por Ventiladores			
		Potencia Térmica Perdida por Ventiladores	12,40 kW
Carga por Máquinas/Motores			
		Potencia Térmica Perdida por Maq./Motores	0 kW
Resultados			
Suma Carga Productos			
	Enfriamiento Productos	29,7 kW	
	Enfriamiento Embalajes	0,259 kW	
	Enfriamiento Palets	—	
	Total Productos:		30 kW
	Total Transmisión Paredes y techos:		0,27 kW
	Resto:		13,3 kW
	Carga TOTAL de la Cámara		43,6 kW
	Carga Total Mayorada (coef.seguridad=10 %)		47,9 kW
	Potencia por TOTAL Instalada por m³		2,89E3W/m³

2.2.2 Cálculo del balance térmico del armario de congelación por placas.

Antes de realizar un cálculo previo de las necesidades frigoríficas del armario de congelación, debo mencionar que el fabricante del mismo me ha indicado que las necesidades de este armario con capacidad para congelar 810 kg/ciclo (ciclos de 120 minutos) es de 40.500 kcal/h (47 kw).

No obstante justificaremos dicha capacidad frigorífica. El armario de congelación hay dos cargas térmicas fundamentales:

- Q_1 carga térmica debida a el enfriamiento y congelación del producto.
- Q_2 carga térmica debida a las perdidas por no estar aislado.

Q_1 : Cálculo de la carga térmica debida a las pérdidas por refrigeración y congelación del producto.

Son las necesidades para:

- El enfriamiento del producto, desde la temperatura ambiente hasta la temperatura del punto de congelación del producto (en este caso pescado magro con punto de congelación $-1,5\text{ }^{\circ}\text{C}$), que llamare Q_{1a}
- La congelación propiamente dicha del producto, que llamare Q_{1b}
- El enfriamiento del producto, desde la temperatura del punto de congelación del producto (en este caso pescado magro con punto de congelación $-1,5\text{ }^{\circ}\text{C}$), hasta los $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$, temperatura a la que queremos que llegue el pescado que llamare Q_{1c} .

Los características del producto a tratar, para poder realizar dichos cálculos son:

Calor específico antes de congelación	1,0004 W/kg $^{\circ}\text{C}$
Calor latente de congelación	69,8140 W/kg
Calor específico después de congelación	0,5232 W/kg $^{\circ}\text{C}$

Tabla 2.2.1.1.- Datos del producto a tratar

Q₁₁: Cálculo de la carga térmica debida al enfriamiento del producto desde la temperatura ambiente a la temperatura del punto de congelación.

Este cálculo viene dado por la formula:

$$Q_{1a} = m \cdot C_p \cdot \Delta t \quad (2.2.1.1)$$

donde,

m = Masa del producto

C_p = Calor específico del producto para antes, de su congelación.

Δt = Diferencia de temperaturas.

En el armario de congelación tendrá una capacidad de congelación de 810 Kg. cada dos horas y la temperatura de entrada del producto se estimará en 15 °C, por lo tanto:

$$Q_{1a} = 810 \cdot 1,0004 \cdot [15 - (-1,5)] = 13.370,36 \text{ W}$$

Q_{1b}: Cálculo de la carga térmica debida a la congelación del producto.

La congelación propiamente dicha del producto, vendrá dada por la formula:

$$Q_{1b} = m \cdot Cl \quad (2.2.1.2)$$

donde,

m = Masa del producto

CL = Calor latente de congelación.

por lo tanto:

$$Q_{1b} = 810 \cdot 69,8140 = 56.549,34 \text{ W}$$

Q_{1c}: Cálculo de la carga térmica debida al enfriamiento del producto desde la temperatura del punto de congelación a la temperatura final del producto.

Este cálculo viene dado por la formula ya antes utilizada (2.2.1.2);

$$Q_{1c} = m \cdot Cp \cdot \Delta t \quad (2.2.1.1)$$

donde,

m = Masa del producto

Cp = Calor específico del producto para antes, de su congelación.

Δt = Diferencia de temperaturas.

En el armario de congelación tendrá una capacidad de congelación de 810 Kg. cada dos horas y la temperatura final del producto se estimará en -18 °C, por lo tanto:

$$Q_{1c} = 810 \cdot 0,5232 \cdot [(-1,5) - (-18)] = 6.989,89 \text{ W}$$

Por lo tanto, la carga térmica debida al enfriamiento del producto vendría dada por la fórmula:

$$Q_1 = Q_{1a} \cdot Q_{1b} \cdot Q_{1c} \quad (2.2.1.3)$$

por lo tanto:

$$Q_1 = 13.370,36 + 56.549,34 + 6.989,89 = 76.909,59 \text{ W}$$

Si los ciclos de congelación son de 2 horas (120 minutos);

$$Q_{1_cada_ciclo} = \frac{76.909,59}{2} = 38.454,79 \text{ W} \approx 38,45 \text{ Kw}$$

Q₂ : Cálculo de la carga térmica debida a las pérdidas por no aislamiento del armario.

Esta carga térmica, según el fabricante del armario, se estima en aproximadamente un 20% de la carga necesaria para congelar y enfriar el producto, por lo tanto:

$$Q_2 = 20\% \cdot Q_1 \quad (2.2.1.4)$$

Por lo tanto;

$$Q_2 = 20\% \cdot 38,45 = 7,69 \text{ Kw}$$

Q Total armario: Carga térmica total para el armario.

Una vez calculados estas perdida, tenemos que la capacidad total necesaria para el armario de congelación será de aproximadamente:

$$Q_{Total} = Q_1 + Q_2 \quad (2.2.1.5)$$

es decir tendremos que:

$$Q_{Total} = 38,45 + 7,69 = 46,14 \text{ Kw}$$

Como se puede comprobar, son aproximadamente los 47 Kw, que me indicaba el fabricante del armario.

Carga Total Mayorada (coef. seguridad=10 %) = 51,7 kW

2.2.3 Cálculo del balance térmico de la bodega de conservación.

Características de la bodega y datos para el cálculo de la capacidad frigorífica de la bodega.

Condiciones Interiores de la bodega: Temperatura -25 °C
Humedad Relativa 80 %

Condiciones Exteriores de proyecto: Temperatura 35 °C
Humedad Relativa 50 %

Características constructivas de la bodega: Alto 2,60 m
Ancho 9,50 m
Largo 19,10 m

Características del producto: Tipo: *Pescado magro congelado*

Cp. después de Congelar (kJ/kg°C)	2,09
Tonelaje de entrada (Ton/día)	26,1
Temperatura Entrada Producto (°C)	-18
Temperatura Final Producto (°C)	- 25
Tiempo de funcionamiento equipo (h)	16

Impresión Resultados Balance		
Empresa: TFG/GEM/E-21-13 Tipo: Cámara Congelación Título: Balance térmico bodega conservación		Autor :Javier Trillo Fecha : 26/08/2014 BpFrio
Condiciones Interiores de la Cámara: Temperatura -25 °C Humedad Relativa 90 %	Condiciones Exteriores de proyecto: Temperatura 32 °C Humedad Relativa 50 % T.del Terreno 20 °C	
Características constructivas de la cámara Alto 2,6 m Ancho 9,50 m Largo 19,10 m		
Características Cerramientos		
Características Paredes y Techo Superficie 330,00 m ² Poliuretano expandido 20 cm	Interior Flujo de Calor 6,5 W/m ² K= 0,1133 W/m ² °C	Potencia Perdida= 2,13 kW Temperatura eq= 32,00 °C
Características Suelo Superficie 181,00 m ² Poliuretano expandido 20 cm	A otro local Flujo de Calor 6,5 W/m ² K= 0,1148 W/m ² °C	Potencia Perdida= 1,19 kW Temperatura eq= 32,00 °C
Denominación: Densidad Almacenamiento (kg/m ³) Temperatura Congelación (°C) Cp Antes de Congelar (kJ/kg°C) C. Latente Congelación (kJ/kg°C) Cp despues de Congelar (kJ/kg°C) C. Respiracion a 25°C (kJ/kg-día) C. Respiracion a 0°C (kJ/kg-día)	Capacidad de la Cámara (Ton) Porcentaje entrada diario (%) Temperatura Entrada Producto (°C) Tiempo de Regimen (horas) % de peso del Embalaje Calor Especifico del Embalaje (kJ/kg°C) % de peso del Palet Calor Especifico del Palet (kJ/kg°C)	
Calor (kW-h) Antes de Congelar Congelación Después de Congelar Respiración Producto Entrante Respiración Producto Almacenad	Potencias Térmicas (kW) Enfriamiento del Producto Respiración Enfriamiento Embalaje Enfriamiento Palet	

Carga por Renovación de Aire			
Condiciones de Trabajo		Trabajo intenso	
Nº Renovaciones/día considerado		5,85	
Volumen Renovado (m³/h)		115,00	
Condiciones Aire Renovación:			
Temperatura (°C)	35		
Humedad (%)	50		
		Potencia Térmica Perdida en Renovación	4,00 kW
Carga por Personas			
Nº de personas	0	Potencia Térmica Perdida por Personas	0,00 kW
Carga por Iluminación			
Iluminación (W/m²)	8	Potencia Térmica Perdida por Iluminación	1,45 kW
Carga por Ventiladores			
		Potencia Térmica Perdida por Ventiladores	0,00 kW
Carga por Máquinas/Motores			
		Potencia Térmica Perdida por Maq./Motores	0 kW
Resultados			
Suma Carga Productos			
	Enfriamiento Productos	0 kW	
	Respiración Productos	0 kW	
	Enfriamiento Embalajes	0 kW	
	Enfriamiento Palets	0 kW	
	Total Productos:		0 kW
	Total Transmisión Paredes y techos:		3,32 kW
	Resto:		5,45 kW
	Carga TOTAL de la Cámara		8,77 kW
	Carga TOTAL Mayorada de la Cámara		9,65 kW
	Potencia frigorífica de la cámara a instalar. Funcionando 16 horas al día		14,5 kW
	Potencia por TOTAL Instalada por m³		30,7 W/m³

2.2.4 Cálculo del balance térmico del entrepuente de carga.

Características del entrepuente de carga y datos para el cálculo de la capacidad frigorífica del mismo.

Condiciones Interiores del entrepuente: Temperatura -25 °C
Humedad Relativa 80 %

Condiciones Exteriores de proyecto: Temperatura 35 °C
Humedad Relativa 50 %

Características constructivas del entrepuente: Alto 2,10 m
Ancho 7,00 m
Largo 8,00 m

Características del producto: Tipo: *Pescado magro congelado*

Cp. después de Congelar (kJ/kg°C)	2,09
Tonelaje de entrada (Ton/día)	26,1
Temperatura Entrada Producto (°C)	-18
Temperatura Final Producto (°C)	- 25
Tiempo de funcionamiento equipo (h)	16

Impresión Resultados Balance		
Empresa: TFG/GEM/E-21-13 Tipo: Cámara Congelación Título: Balance térmico entrepuente de carga		BpFrio Autor :Javier Trillo Fecha : 27/08/2014
Condiciones Interiores de la Cámara: Temperatura -25 °C Humedad Relativa 90 %	Condiciones Exteriores de proyecto: Temperatura 35 °C Humedad Relativa 50 % T.del Terreno 20 °C	
Características constructivas de la cámara Alto 2,1 m Ancho 7,00 m Largo 8,00 m		
Características Cerramientos		
Características Paredes y Techo Superficie 119,00 m ² Poliuretano expandido 20 cm	Interior Flujo de Calor 6,8 W/m ² K= 0,1133 W/m ² °C	Potencia Perdida= 0,81 kW Temperatura eq= 35,00 °C
Características Suelo Superficie 56,00 m ² Poliuretano expandido 20 cm	A otro local Flujo de Calor 6,9 W/m ² K= 0,1148 W/m ² °C	Potencia Perdida= 0,39 kW Temperatura eq= 35,00 °C
Denominación: Densidad Almacenamiento (kg/m ³) Temperatura Congelación (°C) Cp Antes de Congelar (kJ/kg°C) C. Latente Congelación (kJ/kg°C) Cp despues de Congelar (kJ/kg°C) C. Respiracion a 25°C (kJ/kg-día) C. Respiracion a 0°C (kJ/kg-día)	Capacidad de la Cámara (Ton) Porcentaje entrada diario (%) Temperatura Entrada Producto (°C) Tiempo de Regimen (horas) % de peso del Embalaje Calor Especifico del Embalaje (kJ/kg°C) % de peso del Palet Calor Especifico del Palet (kJ/kg°C)	
Calor (kW-h) Antes de Congelar Congelación Después de Congelar Respiración Producto Entrante Respiración Producto Almacenad	Potencias Térmicas (kW) Enfriamiento del Producto Respiración Enfriamiento Embalaje Enfriamiento Palet	

Carga por Renovación de Aire			
Condiciones de Trabajo		Trabajo intenso	
Nº Renovaciones/día considerado		13,00	
Volumen Renovado (m³/h)		63,70	
Condiciones Aire Renovación:			
Temperatura (°C)	35		
Humedad (%)	50		
		Potencia Térmica Perdida en Renovación	2,22 kW
Carga por Personas			
Nº de personas	0	Potencia Térmica Perdida por Personas	0,00 kW
Carga por Iluminación			
Iluminación (W/m²)	8	Potencia Térmica Perdida por Iluminación	0,45 kW
Carga por Ventiladores			
		Potencia Térmica Perdida por Ventiladores	0,00 kW
Carga por Máquinas/Motores			
		Potencia Térmica Perdida por Maq./Motores	0 kW
Resultados			
Suma Carga Productos			
	Enfriamiento Productos	0 kW	
	Respiración Productos	0 kW	
	Enfriamiento Embalajes	0 kW	
	Enfriamiento Palets	0 kW	
	Total Productos:		0 kW
	Total Transmisión Paredes y techos:		1,19 kW
	Resto:		2,67 kW
	Carga TOTAL de la Cámara		3,86 kW
	Carga TOTAL Mayorada de la Cámara		4,25 kW
	Potencia frigorífica de la cámara a instalar. Funcionando 16 horas al día		6,37 kW
	Potencia por TOTAL Instalada por m³		54,2 W/m³

2.2.5 Cálculo del balance térmico del entrepuente de cartonaje.

Características del entrepuente de cartonaje y datos para el cálculo de la capacidad frigorífica del mismo.

Condiciones Interiores del entrepuente: Temperatura -25 °C
Humedad Relativa 80 %

Condiciones Exteriores de proyecto: Temperatura 35 °C
Humedad Relativa 50 %

Características constructivas del entrepuente: Alto 2,10 m
Ancho 9,00 m
Largo 6,83 m

Características del producto: Tipo: *Pescado magro congelado*

Cp. después de Congelar (kJ/kg°C)	2,09
Tonelaje de entrada (Ton/día)	26,1
Temperatura Entrada Producto (°C)	-18
Temperatura Final Producto (°C)	- 25
Tiempo de funcionamiento equipo (h)	16

Impresión Resultados Balance		
Empresa: TFG/GEME-21-13 Tipo: Cámara Congelación Título: Balance térmico entrepuente de cartonaje		Autor :Javier Trillo Fecha : 27/08/2014 BpFrio
Condiciones Interiores de la Cámara: Temperatura -25 °C Humedad Relativa 90 %	Condiciones Exteriores de proyecto: Temperatura 35 °C Humedad Relativa 50 % T.del Terreno 20 °C	
Características constructivas de la cámara Alto 2,1 m Ancho 9,00 m Largo 6,83 m		
Características Cerramientos		
Características Paredes y Techo Superficie 128,00 m ² Poliuretano expandido 20 cm	Interior Flujo de Calor 6,8 W/m ² K= 0,1133 W/m ² °C	Potencia Perdida= 0,87 kW Temperatura eq= 35,00 °C
Características Suelo Superficie 61,50 m ² Poliuretano expandido 20 cm	A otro local Flujo de Calor 6,9 W/m ² K= 0,1148 W/m ² °C	Potencia Perdida= 0,42 kW Temperatura eq= 35,00 °C
Denominación: Densidad Almacenamiento (kg/m ³) Temperatura Congelación (°C) Cp Antes de Congelar (kJ/kg°C) C. Latente Congelación (kJ/kg°C) Cp despues de Congelar (kJ/kg°C) C. Respiracion a 25°C (kJ/kg-dia) C. Respiracion a 0°C (kJ/kg-dia)	Capacidad de la Cámara (Ton) Porcentaje entrada diario (%) Temperatura Entrada Producto (°C) Tiempo de Regimen (horas) % de peso del Embalaje Calor Especifico del Embalaje (kJ/kg°C) % de peso del Palet Calor Especifico del Palet (kJ/kg°C)	
Calor (kW-h) Antes de Congelar Congelación Después de Congelar Respiración Producto Entrante Respiración Producto Almacenad	Potencias Térmicas (kW) Enfriamiento del Producto Respiración Enfriamiento Embalaje Enfriamiento Palet	

Carga por Renovación de Aire			
Condiciones de Trabajo		Trabajo intenso	
Nº Renovaciones/día considerado		12,40	
Volumen Renovado (m³/h)		66,70	
Condiciones Aire Renovación:			
Temperatura (°C)	35		
Humedad (%)	50		
		Potencia Térmica Perdida en Renovación	2,32 kW
Carga por Personas			
Nº de personas	0	Potencia Térmica Perdida por Personas	0,00 kW
Carga por Iluminación			
Iluminación (W/m²)	8	Potencia Térmica Perdida por Iluminación	0,49 kW
Carga por Ventiladores			
		Potencia Térmica Perdida por Ventiladores	0,00 kW
Carga por Máquinas/Motores			
		Potencia Térmica Perdida por Maq./Motores	0 kW
Resultados			
Suma Carga Productos			
	Enfriamiento Productos	0 kW	
	Respiración Productos	0 kW	
	Enfriamiento Embalajes	0 kW	
	Enfriamiento Palets	0 kW	
	Total Productos:	0 kW	
	Total Transmisión Paredes y techos:	1,29 kW	
	Resto:	2,81 kW	
	Carga TOTAL de la Cámara	4,11 kW	
	Carga TOTAL Mayorada de la Cámara	4,52 kW	
	Potencia frigorífica de la cámara a instalar. Funcionando 16 horas al día	6,78 kW	
	Potencia por TOTAL Instalada por m³	52,5 W/m³	

2.3 **ANEXO 3; Cálculo-selección de los equipos frigoríficos principales.**

2.3.1 Selección de los compresores.

Para la elección de los compresores, recordemos que uno de los requisitos del cliente, era que sean compresores de tornillo MYCOM, por lo tanto;

Para obtener dicho cálculo, utilizaré el programa de cálculo del propio fabricante de los compresores, MYCOM 14.2ep ME.

CIRCUITO DE CONGELACIÓN:

El circuito de congelación formado por:

- 3 túneles de congelación
- 1 armario de congelación por placas

Total de capacidad frigorífica necesaria para el circuito	195,4 Kw
Refrigerante	R-404A
Temperatura de evaporación	-35 °C
Temperatura de condensación	40 °C
Alimentación eléctrica	380V-50Hz-III

Para este circuito, dispondremos de dos unidades compresoras para obtener un mayor margen de seguridad, debido a que si solo se instalase una unidad y si esta fallase, nos quedaríamos sin poder congelar, mientras que con dos unidades adecuadamente dimensionadas siempre no aseguramos poder congelar el 50% de la capacidad de congelación de la instalación, bien en dos túneles o bien en el armario y uno de los túneles.

Los compresores seleccionados, como podemos comprobar en la hoja de selección del programa de MYCOM, son dos compresores modelo F160VSD*HE:

MYCOM SCREW COMPRESSOR PERFORMANCE SINGLE STAGE (BOOSTER)

08-27-2014

MODEL : F160VS*-HE
REFRIGERANT : R404A

1

RECOMMENDED PORT :		H
BOOSTER :		Falso
COMPRESSION RATIO :	[-]	10,9
CAPACITY :	[kW]	106,3
CAPACITY :	[TR]	30,2
ABSORBED POWER :	[kW]	85,6
DRIVE SHAFT SPEED :	[rpm]	2950
COMPRESSOR SPEED :	[rpm]	2950
INDICATOR POSITION :	[%]	100
CONDENSING TEMP. :	[degC]	40,0
EVAPORATIVE TEMP. :	[degC]	-35,0
SUCTION SUPERHEAT :	[degC]	0,00
LIQUID SUBCOOLING :	[degC]	5,00
SUCTION TEMP. :	[degC]	-35,0
OIL SUPPLY TEMP. :	[degC]	50,0
SUCTION PRESS. :	[MPaA]	0,169
DISCHARGE PRESS. :	[MPaA]	1,84
OIL SUPPLY PRESS. :	[MPaA]	2,03
SUCTION PRES. DROP :	[MPaA]	0,000
DISCHARGE PRES. DROP :	[MPaA]	0,000
SWEPT VOLUME :	[m3/h]	415
LOAD(VOL. FLOW RATE) :	[%]	100
DISCHARGE TEMP. :	[degC]	66,3
REFRIG. FLOW RATE SUC. :	[m3/h]	307
REFRIG. FLOW RATE DIS. :	[m3/h]	45,7
REFRIG. FLOW RATE SUC. :	[kg/h]	2758
REFRIG. FLOW RATE DIS. :	[kg/h]	3764
INJECT. OIL FLOW RATE :	[L/min]	-
LUB. OIL FLOW RATE :	[L/min]	44,5
F.SIDE OIL FLOW RATE :	[L/min]	0,14
TOTAL OIL FLOW RATE :	[L/min]	52,6
OIL HEAT REJECTION :	[kW]	24,3
OIL SPEC HT :	[J/kgK]	1930
OIL DENSITY :	[kg/m3]	880
COP :	[-]	1,24

--- SUPER HEAT is NOT counted in refrigeration capacity ---

--- WITH WATER COOLED OIL COOLER ---

--- WITH LIQUID SUBCOOLER ---

INTERMED. TEMP. :	[degC]	1,76
INTERMED. PRESS. :	[MPaA]	0,646
INTERMED. SUPERHEAT :	[degC]	0,00
LIQUID APPROACH TEMP. :	[degC]	5,00
REFRIG. FLOW RATE :	[m3/h]	30,7
REFRIG. FLOW RATE :	[kg/h]	1006

1/2

MYCOM SCREW COMPRESSOR PERFORMANCE SINGLE STAGE (BOOSTER) 08-27-2014

MODEL : F160VS*-HE
REFRIGERANT : R404A

HEAT REJECTION : [kW] 32,7

--- NO OIL INJECTION ---
--- The result for this refrigerant is for reference. ---

CIRCUITO DE CONSERVACIÓN:

Calculo del compresor para el circuito de conservación formado por:

- 1 bodega principal
- 1 entrepuente de carga
- 1 entrepuente de cartonaje

Total de capacidad frigorífica necesaria para el circuito	27,65 Kw
Refrigerante	R-404A
Temperatura de evaporación	-35 °C
Temperatura de condensación	40 °C
Alimentación eléctrica	380V-50Hz-III

Para este circuito, dispondremos de una sola unidad compresora bien sobredimensionada, y para obtener un mayor margen de seguridad esta se interconexionará al circuito de congelación por si falla la misma, poder contar con la seguridad de que cualquiera de las dos unidades de este circuito puedan mantener el servicio en la bodegas y así la conservación del producto.

El compresor seleccionado, como podemos comprobar en la hoja de selección del programa de MYCOM, es un compresor modelo F125SUD*HE:

MYCOM SCREW COMPRESSOR PERFORMANCE SINGLE STAGE (BOOSTER)

08-27-2014

MODEL : F125S**-HE
REFRIGERANT : R404A

		1
RECOMMENDED PORT :		H
BOOSTER :		Falso
COMPRESSION RATIO :	[-]	10,9
CAPACITY :	[kW]	48,6
CAPACITY :	[TR]	13,8
ABSORBED POWER :	[kW]	40,6
DRIVE SHAFT SPEED :	[rpm]	2950
COMPRESSOR SPEED :	[rpm]	2950
INDICATOR POSITION :	[%]	100
CONDENSING TEMP. :	[degC]	40,0
EVAPORATIVE TEMP. :	[degC]	-35,0
SUCTION SUPERHEAT :	[degC]	0,00
LIQUID SUBCOOLING :	[degC]	5,00
SUCTION TEMP. :	[degC]	-35,0
OIL SUPPLY TEMP. :	[degC]	50,0
SUCTION PRESS. :	[MPaA]	0,169
DISCHARGE PRESS. :	[MPaA]	1,84
OIL SUPPLY PRESS. :	[MPaA]	2,03
SUCTION PRES. DROP :	[MPaA]	0,000
DISCHARGE PRES. DROP :	[MPaA]	0,000
SWEPT VOLUME :	[m3/h]	197
LOAD(VOL. FLOW RATE) :	[%]	100
DISCHARGE TEMP. :	[degC]	66,3
REFRIG. FLOW RATE SUC. :	[m3/h]	140
REFRIG. FLOW RATE DIS. :	[m3/h]	20,9
REFRIG. FLOW RATE SUC. :	[kg/h]	1255
REFRIG. FLOW RATE DIS. :	[kg/h]	1721
INJECT. OIL FLOW RATE :	[L/min]	-
LUB. OIL FLOW RATE :	[L/min]	27,3
TOTAL OIL FLOW RATE :	[L/min]	27,3
OIL HEAT REJECTION :	[kW]	12,6
OIL SPEC HT :	[J/kgK]	1930
OIL DENSITY :	[kg/m3]	880
COP :	[-]	1,20

--- SUPER HEAT is NOT counted in refrigeration capacity ---

--- WITH WATER COOLED OIL COOLER ---

--- WITH LIQUID SUBCOOLER ---

INTERMED. TEMP. :	[degC]	1,28
INTERMED. PRESS. :	[MPaA]	0,637
INTERMED. SUPERHEAT :	[degC]	0,00
LIQUID APPROACH TEMP. :	[degC]	5,00
REFRIG. FLOW RATE :	[m3/h]	14,5
REFRIG. FLOW RATE :	[kg/h]	465,8
HEAT REJECTION :	[kW]	15,1

1/2

E/AP
2010-06-04
MYCOM SCREW COMPRESSOR PERFORMANCE 14.2ME
MAYEKAWA MFG. CO., LTD.

* Data from the Swept Volume downwards is for reference.
* Contents subject to change without notice.

MYCOM SCREW COMPRESSOR PERFORMANCE SINGLE STAGE (BOOSTER) 08-27-2014

MODEL : F125S**-HE
REFRIGERANT : R404A

1

--- NO OIL INJECTION ---
--- The result for this refrigerant is for reference. ---

2.3.2 Cálculo y selección de los condensadores y bombas de agua de mar para dar servicio a los mismos.

Para la elección de los compresores, recordemos que uno de los requisitos del cliente, era que sean compresores de tornillo MYCOM, por lo tanto;

La expresión que nos da el valor de la capacidad de condensación necesaria para cada compresor, viene dada por la expresión:

$$Q_{\text{cond.}} = Q_{\text{capacidad frigorífica}} + \text{Pot. absorbida comp.} \quad (2.3.2.1)$$

2.3.2.1 Cálculo de los condensadores y bombas de agua para el circuito de congelación formado por dos unidades compresoras F160VSD*HE

Tomaremos los datos de cada unidad compresora a la temperatura T_0 de $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ y condensación a $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$ (requisito Astillero, considerar agua de mar para la condensación a $32\text{ }^{\circ}\text{C}$). De este modo tenemos un margen en caso de subida de la temperatura en el fluido refrigerante, además en la primera hora de carga de los túneles o el armario cuando el producto está caliente, la temperatura de evaporación será alta.

- Carga térmica absorbida por los compresores ($-25\text{ }^{\circ}\text{C}$) = 161,0 Kw
- Potencia absorbida ($-25\text{ }^{\circ}\text{C}$) = 97,9 Kw

Calcularemos la capacidad unitaria para cada unidad, debido a que se instalará un condensador para cada una de ellas, por lo tanto:

$$Q_{\text{cond.}} = 161,0 + 97,90 = 258,9 \text{ Kw / condensador.}$$

Los condensadores seleccionados, son de la marca INTEGASA, empresa de prestigio internacional en este tipo de intercambiadores. Los modelos seleccionados sería 2 condensadores de 275 Kw cada uno:

- 2 **CONDENSADORES** adecuados para agua de mar, fabricación horizontal, de las siguientes características:

Marca	INTEGASA	
Modelo	CFB-32-20-2/92	
Haz tubular	CUNI 90/10.	
Placas tubulares	BIMETALICAS.	
Cabezales	BRONCE.	
Capacidad	275	Kw.
Caudal de agua necesario	60	m ³ /h.

El caudal de agua de mar requerido según indicaciones del propio fabricante, para cada uno de los condensadores como podemos comprobar es de es de 60 m³/h por cada condensador.

Elegimos entonces 2 bombas, una para cada condensador, de la marca AZCUE, el modelo MN 50/125, capaz de dar cada una de ellas un caudal de agua de mar de 65 m³/h para satisfacer las necesidades requeridas de cada condensador, a una altura manométrica de 15 m.c.a.:

- 2 **ELECTROBOMBAS** centrífugas, ejecución horizontal, no autoaspirantes, fabricadas en bronce, con el eje de acero inoxidable e impulsor de bronce, y de las siguientes características técnicas:

Marca	AZCUE	
Modelo	MN 50/125	
Caudal	65	m ³ /h.
Presión	15	m.c.a.
Potencia motor	5,5	Kw.
Velocidad de giro	3.000	r.p.m.

2.3.2.2 Cálculo del condensador y bomba de agua para el circuito de conservación formado por una unidad compresora F125SUD*HE.

Tomaremos igual que en el caso anterior, los datos de la unidad compresora a la temperatura T₀ de -25 °C y condensado a +40°C. De este modo tenemos un margen en caso de subida de la temperatura en el fluido refrigerante.

- Carga térmica absorbida por los compresores (-25 °C) = 74,1 Kw
- Potencia absorbida (-25 °C) = 46,4 Kw

Calcularemos la capacidad de condensación necesaria para la unidad:

$$Q_{\text{cond.}} = 74,1 + 46,4 = 120,5 \text{ Kw}$$

El condensador seleccionado, sería 1 condensador de 132 Kw:

- 1 **CONDENSADOR** adecuado para agua de mar, fabricación horizontal, de las siguientes características:

Marca	INTEGASA	
Modelo	CFB-24-15-2/56	
Haz tubular	CUNI 90/10.	
Placas tubulares	BIMETALICAS.	
Cabezales	BRONCE.	
Capacidad	132	Kw.
Caudal de agua necesario	36	m ³ /h.

El caudal de agua de mar requerido según indicaciones del propio fabricante para el condensador es de 36 m³/h, por lo tanto, seleccionamos una bomba marca AZCUE, modelo MN40/125, capaz de dar un caudal de agua de mar de 36 m³/h para satisfacer las necesidades requeridas del condensador, a una altura manométrica de 15 m.c.a.:

- 1 **ELECTROBOMBA** centrífuga, ejecución horizontal, no autoaspirante, fabricada en bronce, con el eje de acero inoxidable e impulsor de bronce, y de las siguientes características técnicas:

Marca	AZCUE	
Modelo	MN40/125	
Caudal	36	m ³ /h.
Presión	15	m.c.a.
Potencia	3	Kw.
Velocidad de giro	3.000	r.p.m.

A continuación se adjuntan las **hojas de características** de estos condensadores y **bombas de agua** seleccionados.

	<h2>CONDENSADORES</h2>	CARACTERÍSTICAS		
		REV.	FECHA	HOJA
		0	Enero 2.013	1/1

- CONDENSADORES DE FREÓN SERVICIO MARINO -

DATOS DE DISEÑO

- Fluidos: FREÓN R404A / AGUA MAR.
- Temperatura de condensación: 40° C.
- Temperatura de entrada del agua mar: 32° C.
- Fouling factor: 0,000086 m²K/W.
- Velocidad del agua mar: ~1,95 m/s.

GARANTÍA

- Garantía de un (1) año desde la entrega.
- Alcance según TEMA Sección 3, Punto G-5 "Guarantees".

MANTENIMIENTO

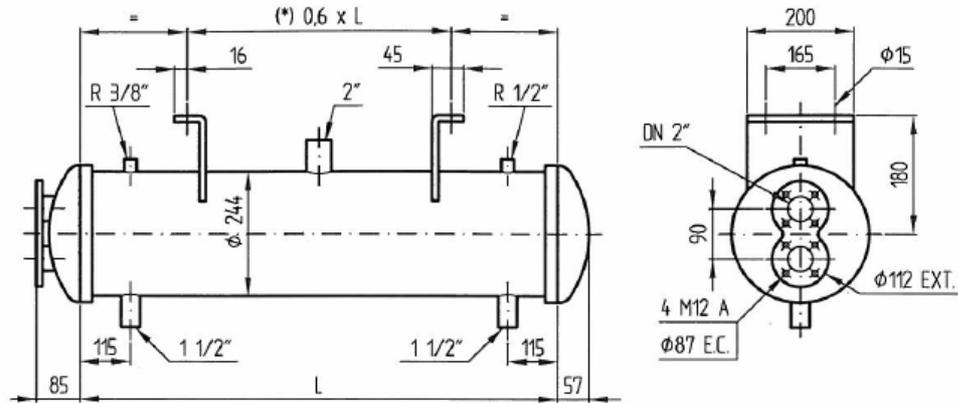
- Recomendamos mantenimiento de los equipos según TEMA Sección 4, Punto E-4 "Maintenance of heat exchanger"



**LISTA DE PRECIOS
CONDENSADORES DE FREON
SERVICIO MARINO "MODELO: CFB"**

HOJA 4 DE 6

AÑO
2.013



MODELO	L	SUPERFICIE m ²	PESO Kg.	RESERVA dm ³	CAUDAL m ³ /h	POTENCIA kW	Nº TUBOS	PRECIO €
CFB-24-12,5-2/48	1.250	13,19	113	4,2	31	96	48	5.330.-
CFB-24-12,5-2/52	1.250	14,29	116	4,2	34	104	52	5.465.-
CFB-24-12,5-2/56	1.250	15,39	120	4,2	36	112	56	5.605.-
CFB-24-15-2/48	1.500	15,94	130	5,1	31	112	48	5.720.-
CFB-24-15-2/52	1.500	17,27	134	5,1	34	122	52	6.015.-
CFB-24-15-2/56	1.500	18,59	141	5,1	36	132	56	6.305.-
CFB-24-20-2/48	2.000	21,43	167	6,9	31	142	48	6.810.-
CFB-24-20-2/52	2.000	23,22	172	6,9	34	155	52	7.075.-
CFB-24-20-2/56	2.000	24,88	177	6,9	36	166	56	7.355.-

Cliente	FRIMARTE	Proyecto	REFRIGERACION
Fecha	21/03/2007	Item	1

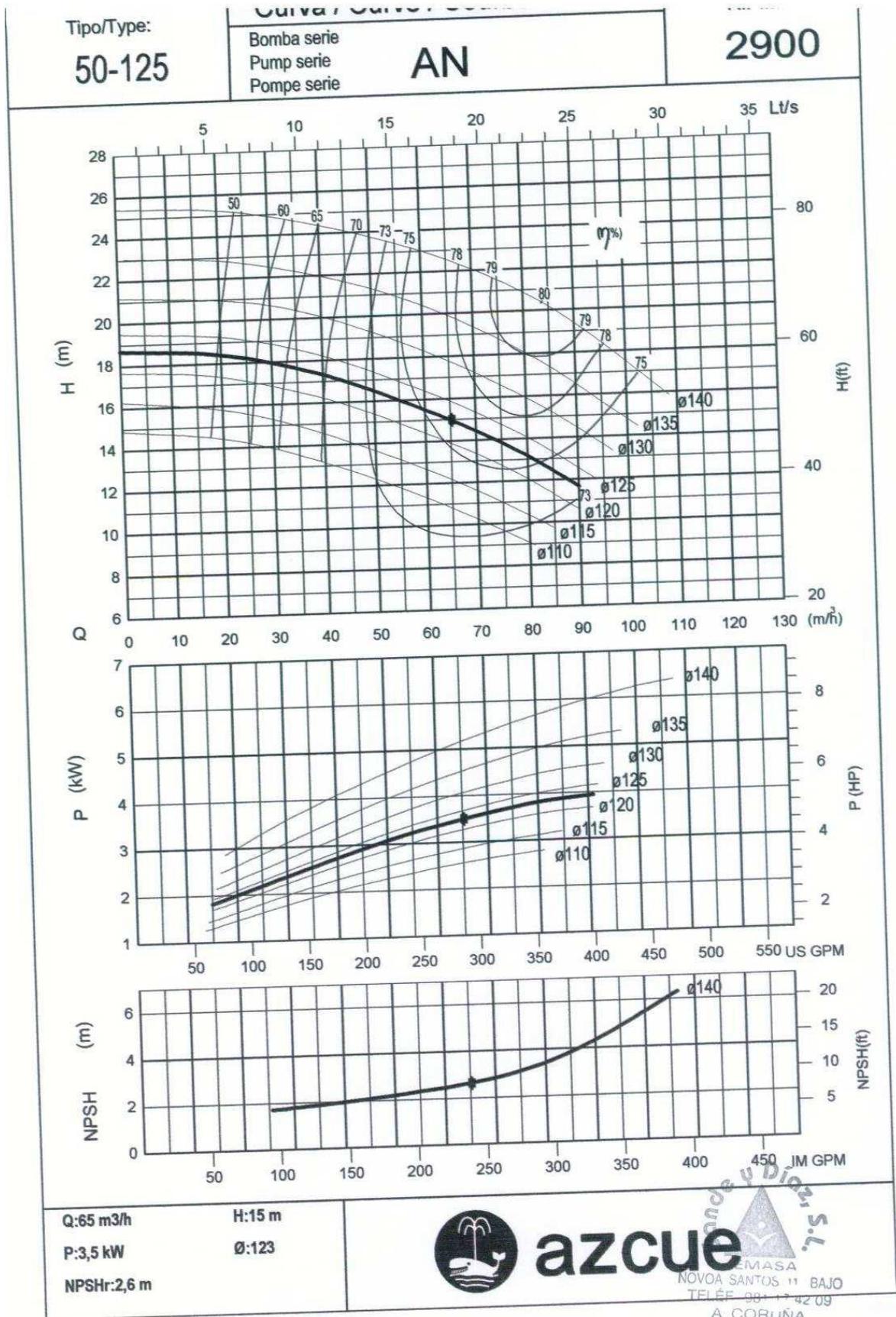
ESPECIFICACIÓN TÉCNICA

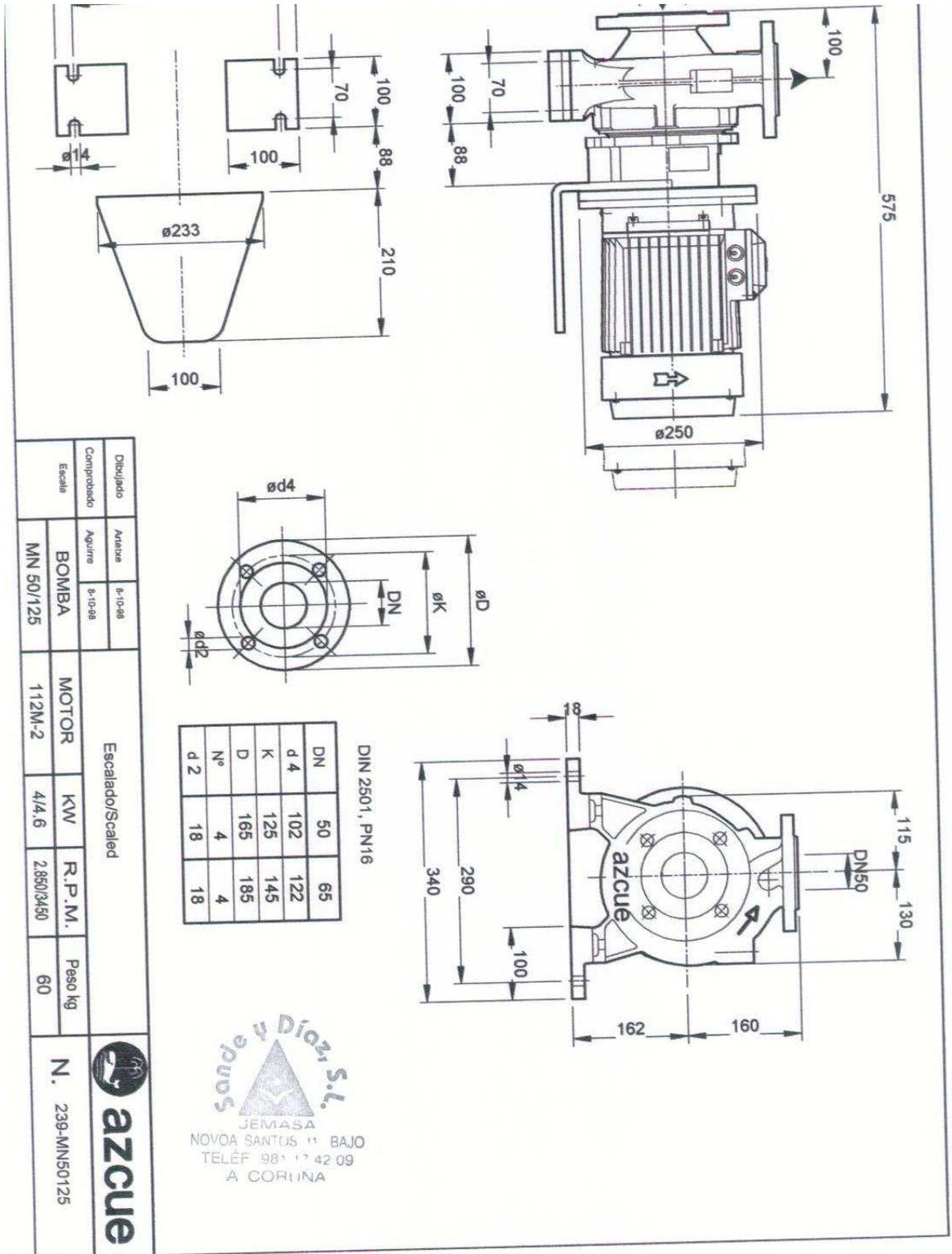
SERVICIO	REFRIGERACION
Líquido	Agua Salada
Temperatura trabajo	

TIPO	MN-50-125	Cantidad	2
Bomba centrífuga horizontal monobloc.			

BOMBA		MOTOR	
Caudal	65 m ³ /h	Potencia	4 kW
Altura total	15 m.	Tensión	400V-III-50 Hz
NPSHr	2,64 m.	Velocidad RPM	2900 rpm
Velocidad RPM	2900 rpm	Aislamiento/Protección	F/IP-55
Potencia Abs.	3,5 kW	Tipo	112M-2
		Int. Nominal IN	7,4 A
		Int. Arranque Is/IN	7,5

CONSTRUCCIÓN		OBSERVACIONES
Ejecución	Horizontal	PRECIO UNITARIO 1.770 € Dto 30%
Sistema de cierre	Cierre Mecánico	
Bocas asp/imp	65/50	
Cuerpo	Bronce	
Rodete	Bronce	
Eje	Acero Inox	





Ciente	FRIMARTE	Proyecto	REFRIGERACION
Fecha	21/03/2007	Item	2

ESPECIFICACIÓN TÉCNICA

SERVICIO	REFRIGERACION 2
Líquido	Agua Salada
Temperatura trabajo	

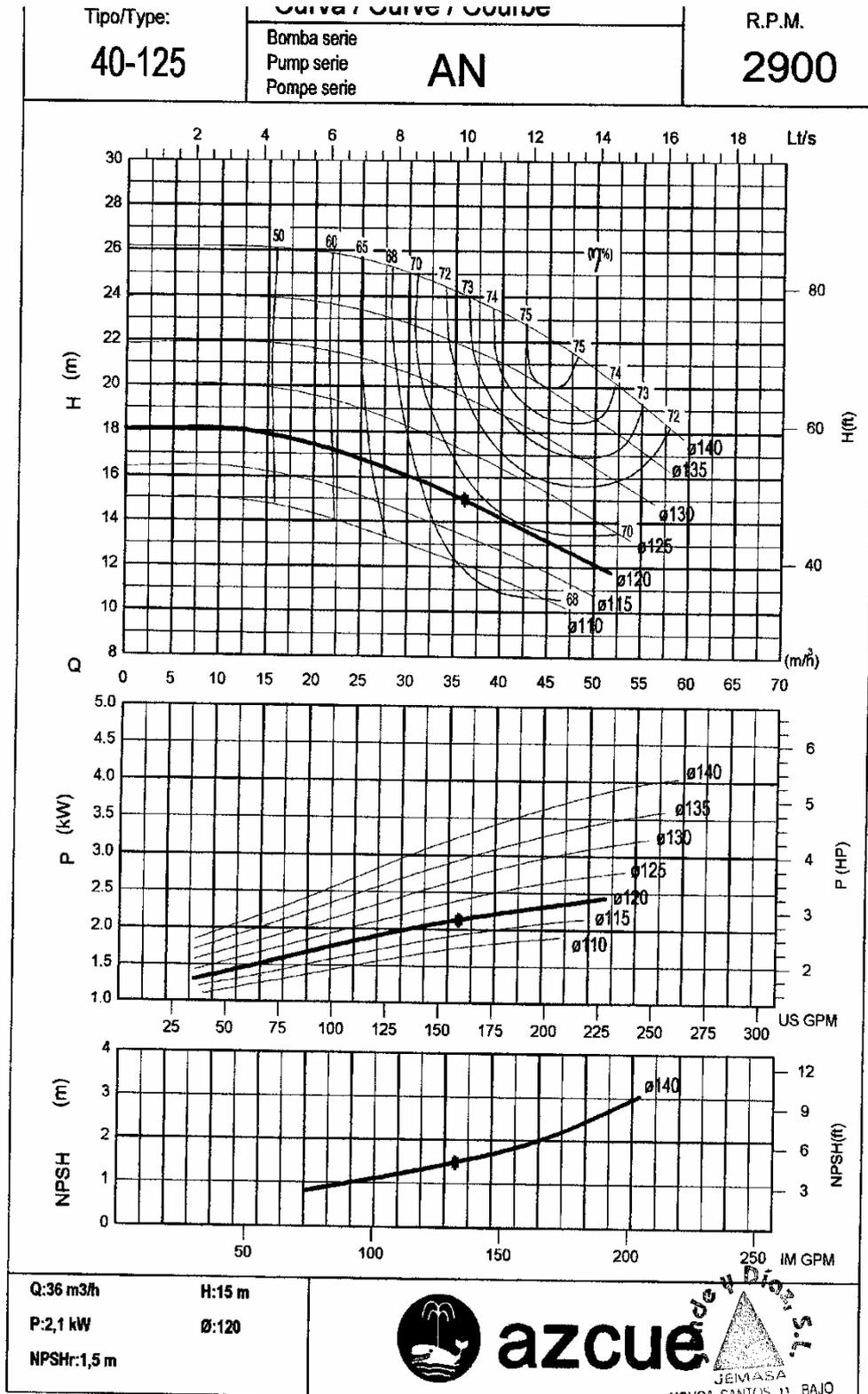
TIPO	MN-40-125	Cantidad	1
Bomba centrífuga horizontal monobloc.			

BOMBA		MOTOR	
Caudal	36 m ³ /h	Potencia	3 kW
Altura total	15 m.	Tensión	400V-III-50 Hz
NPSHr	1,48 m.	Velocidad RPM	2900 rpm
Velocidad RPM	2900 rpm	Aislamiento/Protección	F/IP-55
Potencia Abs.	2,1 kW	Tipo	100L-2
		Int. Nominal IN	5,95 A
		Int. Arranque Is/IN	7,5

CONSTRUCCIÓN		OBSERVACIONES
Ejecución	Horizontal	PRECIO UNITARIO 1.574 € Dto 30%
Sistema de cierre	Cierre Mecánico	
Bocas asp/imp	65/40	
Cuerpo	Bronce	
Rodete	Bronce	
Eje	Acero Inox	

PLAZO 45 DÍAS





2.3.3 Cálculo y selección de los evaporadores de túneles de congelación, ventiladores de túneles y evaporadores de bodega y entrepuentes.

Entendemos como capacidad frigorífica de un evaporador a la cantidad de calor que pasa a través de su superficie de intercambio del recinto a refrigerar, y que se invierte fundamentalmente en la vaporización del fluido refrigerante.

A continuación se calculan los evaporadores de túneles y los electroventiladores necesarios para los mismos y los evaporadores de la bodega y entrepuentes, que serán serpentines aleteados.

2.3.3.1 Cálculo y selección de los evaporadores de túneles.

La capacidad frigorífica del evaporador está determinada por la fórmula:

$$Q = K \cdot A \cdot \Delta_{tm} \quad (2.3.3.1.1)$$

donde:

Q = Cantidad de calor transferido.

K = Coeficiente de transmisión de calor del evaporador con el aire

A = Superficie de intercambio de calor.

Δ_{tm} = Diferencia de temperatura media logarítmica.

El dato fundamental a calcular, será la superficie de transmisión del mismo, que nos servirá para elegir, ajustándonos a las dimensiones del túnel, el modelo de evaporador a instalar.

Datos conocidos:

K: El coeficiente de transmisión de calor de este tipo de evaporadores es un dato conocido, que aporta el fabricante, en este caso ISLAS INDUSTRIES, situado en Vigo, será de 17 Kcal/h m² °C

Q: El calor a disipar por el evaporador según el balance térmico realizado en el anexo de balances, será de 45 Kw, es decir 38.700 kcal/h.

Datos a calcular:

Δ_{tm} = Definimos como diferencia de temperatura media logarítmica como:

$$\Delta_{tm} = \frac{(t_e - t_o) - (t_s - t_o)}{\ln \frac{(t_e - t_o)}{(t_s - t_o)}} \quad (2.3.3.1.2)$$

donde:

T_0 : Temperatura del R-404A que circula por el evaporador

T_e : Temperatura de entrada del aire al evaporador

T_s : Temperatura de salida del aire del evaporador

Valores de las temperaturas en este caso serán aproximadamente:

T_0 : -35 °C

T_e : -25 °C

T_s : -30 °C

Por tanto, sustituyendo datos el valor de ΔT sera:

$$\Delta T = 7,21 \text{ °C}$$

Por lo tanto, despejando en la formula inicial A (superficie de intercambio), nos sale que:

$$A = \frac{Q}{K \cdot \Delta_{tm}} \quad (2.3.3.1.3)$$

Donde sale que **A = 315,73 m²**

Por lo tanto y ajustándonos a las dimensiones interiores de los túneles, seleccionamos el siguiente evaporador de ISLAS INDUTRIES:

3 EVAPORADORES, uno para cada túnel, construidos con tubo de acero sin soldadura de 20 mm de diámetro exterior y aleta plana de acero, y después de terminados y probados a presión, se galvanizan por inmersión en baño de zinc caliente. La superficie de transmisión de cada evaporador es de **325 m²**, y la separación de aletas es de 14 mm. Modelo **ST-24x12x1.620x14**



Figura 2.3.3.1.1.- Imagen real de un evaporador de túnel de un barco.

2.3.3.2 Cálculo y selección de electroventiladores de túneles.

Una vez definido el evaporador y sabiendo su geometría, debemos dimensionar los ventiladores para el túnel, calculando el volumen de aire que debemos mover dentro del túnel para cumplir con los requerimientos deseados.

Para calcular la cantidad de aire que han de ser capaces de desplazar los ventiladores usaremos la siguiente fórmula:

$$\text{Caudal} = \text{Sección} \cdot \text{Velocidad} \quad (2.3.3.2.1)$$

donde:

Caudal= Caudal de aire que debemos mover dentro del tunel.

Sección= Superficie libre de paso del evaporador

Velocidad= Velocidad del aire

Datos conocidos:

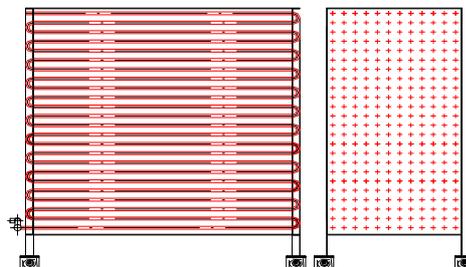
Velocidad: Según diferentes instaladores de este tipo de instalaciones, una velocidad adecuada en este tipo de túneles estaría entre 4,5 y 5 m/s, nosotros en este caso usaremos 5 m/s.

Datos a calcular:

Sección: Para calcular la sección de paso libre del evaporador debemos calcular la superficie que ocupan los tubos y la superficie que ocupen las aletas.

Para realizar dicho calculo, sabemos que las características constructivas de cada evaporador son las siguientes:

Nº de filas de tubos en fondo:	12
Nº de tubos de cada fila:	24
Longitud aleteada de cada tubo:	1600 mm = 1,6 m
\varnothing_{ext} del tubo:	25,3 mm = 0,0253 m
Separación vertical entre tubos:	70 mm
Espesor aleta:	0,6 mm = 0,0006 m
Separación entre aletas:	14 mm



Por lo tanto la superficie de paso total o bruta serian:

$$S_{bruta} = 1,6 \times (24 \times 0,07) = 2,688 \text{ m}^2$$

Entonces para calcular para la superficie de paso libre o neta, se debe restar a la S_{bruta} la suma de la superficie que ocupan los tubos y la superficie de las aletas.

La superficie que ocupan los tubos será:

$$S_{tubos} = 24 \times 1,6 \times 0,0253 = 0,9715 \text{ m}^2$$

La superficie que ocupan las aletas será:

$$S_{aletas} = (1,6 / 0,014) \times 0,0006 \times (24 \times 0,07) = 0,1152 \text{ m}^2$$

Por lo tanto la superficie neta será:

$$S_{neta} = S_{bruta} - (S_{tubos} + S_{aletas}) \quad (2.3.3.2.2)$$

$$S_{neta} = 2,688 - (0,9715 + 0,1152) = 1,6013 \text{ m}^2$$

Una vez que tenemos la sección y la velocidad ya podemos calcular el caudal de aire:

$$\text{Caudal} = \text{Sección} \cdot \text{Velocidad} = 1,6013 \cdot 5 = 8,0065 \text{ m}^3/\text{s} = \mathbf{28823,4 \text{ m}^3/\text{h}}$$

Según el resultado del cálculo, y considerando que se instalaran dos electroventiladores por túnel, se han seleccionado los siguientes electroventiladores:

6 ELECTROVENTILADORES, dos para cada túnel, aptos para ambientes húmedos y bajas temperaturas, de las siguientes características técnicas:

Marca	WOOD'S	
Modelo	50 JM/20/2/6/32	
Caudal	16.710	m ³ /h.
Presión estática	35	mm.c.a.
Velocidad de giro	2.910	r.p.m.
Potencia	6,2	Kw.



Fläkt Woods Limited

Combination Data Sheet

JM Aerofoil

Quotation Number	:
Project Name	: TFG/GEM/E-21-14
Item Reference:	:

Fan Code	50JM/20/2/6/32
Fan Diameter / Size	500 Size / mm
Blades	6
Fan Speed	2910 rpm
Velocity	23,8 m/s
Blade Angle	32°
Installation Type / Form of Running	D / B
Fan Casing	Long
Requested Duty	16710m³/h @ 35,0 mmwg (static)
Outlet Dynamic Pressure	34,5 mmwg
Duty Shaft Power	4,79 kW
Max Shaft Power	5,39 kW
Total Efficiency	66,8 %
Pitch Angle Range	10° - 34°
Motor Frame	112M (Sized at 1.2kg/m³ Air Density)
Motor Rating	6,05 kW [IE2]
Full Load Current	11,6 A
Starting Current	76,56 A
Motor Mounting	Pad
Electrical Supply	380-420 Volts 50 Hz 3 Phase
Start Type	DOL
Motor Winding	Standard
Enclosure	Standard All
SFP value	1,18 W/(l/s)
Energy Consumption	10998 kWh (2000 h/year)
Running Cost / Year	£770
Air Density	1,2 kg/m³ / 20 °C / 0 m / 50% RH
Smoke Venting	Non Smoke Venting
Product Number	EJ531274

2.3.3.3 Cálculo y selección de evaporadores de bodega y entrepuentes.

En la bodega y los entrepuentes se ha optado por utilizar un evaporadores estáticos dispuestos por todo el techo de los recintos.

Se ha empleado para la realización del mismo un serpentín aleteado de las siguientes características:

Serpentines contruidos con tubería de acero estirado s/s norma DIN-2440, de 21 mm (3/4”), calidad ST-35, aleteado exteriormente con pletina de acero, altura de aleta 25 mm., separación de aleta 18 mm. y galvanizados en caliente, por inmersión en baño de zinc.

Según el fabricante de estos serpentines, cada metro lineal de serpentín equivale a **0.84 m²** en superficie de transferencia de calor con un coeficiente de transferencia de calor de **10 Kcal./h·m²·°C**, que es el que desarrollan este tipo de evaporadores.

Cuando se emplean evaporadores estáticos en bodegas de conservación, al no tener un ventilador que nos mueva todo el aire de la cámara, ya que éste se mueve por convección natural, hay que tener en cuenta el volumen total de la cámara. Así pues, es interesante ocupar todo el techo de la bodega, para que la circulación natural de aire afecte a toda la bodega.

Hay una norma empleada por las oficinas técnicas de las empresas que suelen realizar estas instalaciones, la cual aconseja siempre que sea posible, que se disponga una superficie de transferencia de calor del evaporador equivalente en número al volumen de la bodega, es decir, que un m² de superficie de serpentín aleteado por cada m³ de volumen de bodega.

Con estos datos y sabiendo los volúmenes de la bodega y los entrepuentes, tenemos que:

Bodega de congelados:

Volumen = 471,7 m³, superficie de serpentines a instalar 471,7 m².

Entrepunte de carga:

Volumen = 129,08 m³, superficie de serpentines a instalar 129,08 m².

Entrepuesto de cartonaje:

Volumen = $117,6 \text{ m}^3$, superficie de serpentines a instalar $117,6 \text{ m}^2$.

Entonces, sabiendo que 1 metro lineal equivale a $0,84 \text{ m}^2$, finalmente se instalarán:

Bodega de congelados: 561,54 m.l.

Entrepuesto de carga: 153,66 m.l.

Entrepuesto de cartonaje: 140 m.l.

Por motivos de pérdidas de carga y para dar mayor versatilidad al evaporador, se ha dividido en 7 evaporadores en la bodega y en 2 evaporadores en el entrepunto de carga y 2 evaporadores en el entrepunto de cartonaje, cada uno de ellos con su correspondiente sistema de inyección de líquido.



Figura 2.3.3.3.1.- Imagen real de los serpentines de la bodega del buque

2.3.4 Cálculo de la carga de refrigerante y del recipiente de líquido.

2.3.4.1 Cálculo de la carga de refrigerante.

Para determinar la carga total de refrigerante de la instalación se tendrá en cuenta la carga de refrigerante de los distintos equipos que forman la misma. Es decir;

Túneles de congelación.

Armario de congelación por placas.

Bodega.

Entrepuesto de carga.

Entrepuesto de cartonaje.

Dicha carga se calcula multiplicando el volumen interno del evaporador, por el título y la densidad del refrigerante a la temperatura que esté, es decir:

$$\text{Kg. Refrigerante} = \text{Vol. Evap.} \cdot \text{Título} \cdot \text{Densidad} \quad (2.3.4.1.1)$$

Túneles de congelación:

3 evaporadores, uno para cada túnel, contruidos con tubo de diámetro interior 21,3 mm, y con una longitud de tubos de 466,56 ml (según la tabla adjunta 1 ml = 0,235061dm³/ml) tienen un volumen interno unitario de **0,109 m³** cada uno.

Por lo tanto, la carga de refrigerante de cada evaporador es a - 35° C, considerando que la densidad del R-404a (a -35° C) es de 1272 Kg./m³ y para expansión directa un título de 0,6, sale que cada evaporador necesitará **80,18 Kg** de refrigerante.

Armario de congelación por placas:

Este armario de placas formado por 13 placa de dimensiones 1550x1200 mm, según del manual de instrucciones del fabricante, el volumen interno del conjunto de placas es de 153 dm³ = **0,153 m³**

Por lo tanto, la carga de refrigerante del armario es a -35°C , considerando que la densidad del R-404a (a -35°C) es de 1272 Kg./m^3 y para expansión directa un título de 0,6, sale que el armario necesitará **116,7 Kg** de refrigerante.

Bodega de conservación:

En esta bodega se instalarán 561,54 ml de serpentín aleteado fabricados con tubo de $\varnothing 21,3\text{ mm}$, (según la tabla adjunta $1\text{ ml} = 0,235061\text{dm}^3/\text{ml}$) tienen un volumen interno de **0,131 m³**.

Por lo tanto, la carga de refrigerante de los serpentines de la bodega es a -35°C , considerando que la densidad del R-404a (a -35°C) es de 1272 Kg./m^3 y para expansión directa un título de 0,6, sale que necesitarán **99,97 Kg** de refrigerante.

Entrepuesto de carga:

En este entrepuesto se instalarán 153,66 ml de serpentín aleteado fabricados con tubo de $\varnothing 21,3\text{ mm}$, (según la tabla adjunta $1\text{ ml} = 0,235061\text{dm}^3/\text{ml}$) tienen un volumen interno de **0,036 m³**.

Por lo tanto, la carga de refrigerante de los serpentines del entrepuesto es a -35°C , considerando que la densidad del R-404a (a -35°C) es de 1272 Kg./m^3 y para expansión directa un título de 0,6, sale que necesitarán **27,56 Kg** de refrigerante.

Entrepuesto de cartonaje:

En este entrepuesto se instalarán 140 ml de serpentín aleteado fabricados con tubo de $\varnothing 21,3\text{ mm}$, (según la tabla adjunta $1\text{ ml} = 0,235061\text{dm}^3/\text{ml}$) tienen un volumen interno de **0,032 m³**.

Por lo tanto, la carga de refrigerante de los serpentines del entrepuesto es a -35°C , considerando que la densidad del R-404a (a -35°C) es de 1272 Kg./m^3 y para expansión directa un título de 0,6, sale que necesitarán **25,17 Kg** de refrigerante.

2.3.4.2 Cálculo del recipiente de líquido.

En esta instalación solo se instalará un recipiente de líquido común a todos los circuitos tanto de congelación como de conservación.

Según se indica en la MI-IF-006 del Reglamento de Seguridad para plantas e instalaciones frigoríficas la capacidad del recipiente de líquido perteneciente a un equipo frigorífico con múltiples evaporadores será como mínimo de 1,25 veces la capacidad del evaporador mayor, que en este caso es el armario de congelación por placas con 116,7 Kg.

Por lo tanto, el volumen mínimo del recipiente de líquido a instalar entonces, será tal que pueda almacenar $116,7 \times 1,25 = 145,875$ Kg., es decir que para una densidad del R-404A a $+35^{\circ}$ C (en teoría será la temperatura ambiente donde estará ubicado el recipiente) de $994,2 \text{ Kg./m}^3$, **el volumen mínimo del recipiente será de $146,72 \text{ dm}^3$.**

Sin embargo, para evitar la falta ó insuficiencia de volumen del recipiente de líquido refrigerante, que pueda presentarse bajo determinadas circunstancias durante la vida útil de la instalación, lo habitual en instalaciones industriales y navales, es instalar un recipiente con capacidad para albergar la totalidad de refrigerante de la instalación (en este caso 509, 91 Kg), con el fin de que en caso de fuga o de reparación de parte de la misma, poder recoger todo el refrigerante de la misma en el recipiente de líquido, por lo que finalmente se instalará un recipiente con un volumen mínimo de **540 dm^3 .**

2.3.5 Cálculo de las válvulas de expansión y válvulas solenoides.

Para la selección de las válvulas de expansión y de las válvulas solenoides, nos apoyaremos en el programa COOLSELECTOR del fabricante Danfoss.

2.3.5.1 Cálculo de las válvulas de expansión.

Las válvulas de expansión Danfoss seleccionadas, serán válvulas de expansión termostática con orificio intercambiable. Las válvulas de expansión termostáticas regulan la inyección de refrigerante líquido en los evaporadores. La inyección se controla en función del recalentamiento del refrigerante. El rango de válvulas de expansión termostáticas comprende válvulas diseñadas para aplicaciones específicas. Las válvulas se suministran con conexiones soldar, soldar cobre ó conexiones bimetálicas de acero inoxidable / cobre.

El rango de temperatura es desde -60 °C a +50 °C.

Capacidad nominal: 0.5 a 1890 Kw (R22).

A continuación se adjuntan las selecciones de estas válvulas sacadas del programa de selección COOLSELECTOR.

Válvulas de expansión termostática para los TÚNELES DE CONGELACIÓN:

Los tres túneles de congelación son iguales, es decir, la misma selección.

Coolselector®	Report
Versión	1.0.1.4
Versión de la base de datos	1.0.0.30
Calculation Date	28/08/2014

**Criterios de búsqueda**

Refrigerante	R404A
Capacidad de refrigeración	47,9 kW
Temperatura	-25 °C
Presión abs.	2,50 bar
Temperatura	32 °C
Presión abs.	15,07 bar
Subenfriamiento	4 K
Presión del distribuidor	1 bar
Serie	T5 -55
Tamaño del orificio	TE12 - 7
País	Ver todos
User Selection	Selección Rápida

Selection Details

Tipo	Tamaño del orificio	Capacidad producida(kW)	Carga de la válvula (%)
TE 12	7	46,1	104
TE 12	7	49,0	98

Disclaimer

Todos los valores calculados y componentes seleccionados con este programa de software se deben verificar por el usuario. Danfoss no acepta ninguna responsabilidad por posibles errores en el programa CoolSelector®, reservándose el derecho de alterar sus productos sin previo aviso, incluyéndose los que estén bajo pedido, si estas modificaciones no afectan a las características convenidas con el cliente. Todas las marcas registradas son propiedad de las respectivas compañías. Danfoss y el logotipo de Danfoss son marcas registradas de Danfoss A/S. Reservados todos los derechos. Danfoss.. ©Danfoss A/S, Refrigeration and Air Conditioning Division 2009

TE 12

Las válvulas de expansión termostáticas TE 12 se utilizan para la inyección de líquido en los evaporadores en sistemas de refrigeración y aire acondicionado con refrigerantes fluorados. La TE 12 se suministra por partes con un amplio rango de cuerpos.



Figura 2.3.5.1.1.- Válvula de expansión TE12

Válvulas de expansión termostática para el ARMARIO DE CONGELACIÓN:

Coolselector®	Report
Versión	1.0.1.4
Versión de la base de datos	1.0.0.30
Calculation Date	28/08/2014



Criterios de búsqueda

Refrigerante	R404A
Capacidad de refrigeración	51,7 kW
Temperatura	-30 °C
Presión abs.	2,04 bar
Temperatura	32 °C
Presión abs.	15,07 bar
Subenfriamiento	4 K
Presión del distribuidor	1 bar
Serie	T5 -55
Tamaño del orificio	TE20 - 8
País	Ver todos
User Selection	Selección Rápida

Selection Details

Tipo	Tamaño del orificio	Capacidad producida(kW)	Carga de la válvula (%)
TE 20	8	45,7	113
TE 20	8	58,6	88

Disclaimer

Todos los valores calculados y componentes seleccionados con este programa de software se deben verificar por el usuario. Danfoss no acepta ninguna responsabilidad por posibles errores en el programa CoolSelector®, reservándose el derecho de alterar sus productos sin previo aviso, incluyéndose los que estén bajo pedido, si estas modificaciones no afectan a las características convenidas con el cliente. Todas las marcas registradas son propiedad de las respectivas compañías. Danfoss y el logotipo de Danfoss son marcas registradas de Danfoss A/S. Reservados todos los derechos. Danfoss.. ©Danfoss A/S, Refrigeration and Air Conditioning Division 2009

TE 20

Las válvulas de expansión termostáticas TE 20 se utilizan para la inyección de líquido en los evaporadores en sistemas de refrigeración y aire acondicionado con refrigerantes fluorados. La TE 20 se suministra por partes con un amplio rango de cuerpos.



Figura 2.3.5.1.2.- Válvula de expansión TE20

Válvulas de expansión termostática para el BODEGA DE CONSERVACIÓN DE CONGELADOS:

La bodega de conservación de congelados, tiene unas necesidades frigoríficas totales de 14,5 kw, pero debido al gran número de metros lineales de serpentines a instalar en la misma, la disposición de serpentines de la misma se dividirá en 7 circuitos, por lo tanto cada circuito tendría unas necesidades frigoríficas de 2,07 kw/circuito. Por lo tanto la selección de las válvulas de expansión para estos circuitos sería:

Coolselector® Report
 Versión 1.0.1.4
 Versión de la base de datos 1.0.0.30
 Calculation Date 28/08/2014



Criterios de búsqueda

Refrigerante R404A
 Capacidad de refrigeración 2,07 kW
 Temperatura -25 °C
 Presión abs. 2,50 bar
 Temperatura 32 °C
 Presión abs. 15,07 bar
 Subenfriamiento 4 K
 Presión del distribuidor 1 bar
 Serie T2
 Tamaño del orificio T2 - 03
 País Ver todos
 User Selection Selección Rápida

Selection Details

Tipo	Tamaño del orificio	Capacidad producida(kW)	Carga de la válvula (%)
T2-TE2	3	3,1	67
T2-TE2	3	3,7	57

Disclaimer

Todos los valores calculados y componentes seleccionados con este programa de software se deben verificar por el usuario. Danfoss no acepta ninguna responsabilidad por posibles errores en el programa CoolSelector®, reservándose el derecho de alterar sus productos sin previo aviso, incluyéndose los que estén bajo pedido, si estas modificaciones no afectan a las características convenidas con el cliente. Todas las marcas registradas son propiedad de las respectivas compañías. Danfoss y el logotipo de Danfoss son marcas registradas de Danfoss A/S. Reservados todos los derechos. Danfoss.. ©Danfoss A/S, Refrigeration and Air Conditioning Division 2009

Válvulas de expansión termostática para los ENTREPUNTES DE CONSERVACIÓN DE CONGELADOS:

Los dos entrepuntes de conservación de congelados, tiene unas necesidades frigoríficas muy similares, de 6,37 y 6,78 Kw, por el mismo motivo explicado en la bodega, las disposiciones de serpentines de los mismos se dividirán en 2 circuitos en cada entrepunte, por lo tanto cada circuito tendría unas necesidades frigoríficas de 3,19 y 3,39 Kw/circuito respectivamente. Por lo tanto la selección de las válvulas de expansión para estos circuitos sería:

Coolselector® Report
 Versión 1.0.1.4
 Versión de la base de datos 1.0.0.30
 Calculation Date 28/08/2014



Criterios de búsqueda

Refrigerante R404A
 Capacidad de refrigeración 3,39 kW
 Temperatura -25 °C
 Presión abs. 2,50 bar
 Temperatura 32 °C
 Presión abs. 15,07 bar
 Subenfriamiento 4 K
 Presión del distribuidor 1 bar
 Serie T2
 Tamaño del orificio T2 - 03
 País Ver todos
 User Selection Selección Rápida

Selection Details

Tipo	Tamaño del orificio	Capacidad producida(kW)	Carga de la válvula (%)
T2-TE2	3	3,1	109
T2-TE2	3	3,7	93

Disclaimer

Todos los valores calculados y componentes seleccionados con este programa de software se deben verificar por el usuario. Danfoss no acepta ninguna responsabilidad por posibles errores en el programa CoolSelector®, reservándose el derecho de alterar sus productos sin previo aviso, incluyéndose los que estén bajo pedido, si estas modificaciones no afectan a las características convenidas con el cliente. Todas las marcas registradas son propiedad de las respectivas compañías. Danfoss y el logotipo de Danfoss son marcas registradas de Danfoss A/S. Reservados todos los derechos. Danfoss.. ©Danfoss A/S, Refrigeration and Air Conditioning Division 2009

T2/TE 2

Las válvulas de expansión termostáticas T 2/TE 2 se utilizan para la inyección de líquido en los evaporadores en sistemas de refrigeración y aire acondicionado con refrigerantes fluorados. La T 2/TE 2 se suministra con un conjunto de orificio intercambiable para un almacenaje y servicio sencillo.



Figura 2.3.5.1.3.- Válvula de expansión TE2

2.3.5.2 Cálculo de las válvulas solenoides.

Válvulas de solenoide Danfoss para refrigerantes fluorados. El programa de válvulas solenoides se compone de un amplio abanico de válvulas, diseñadas para aplicaciones específicas en instalaciones de refrigeración. Están disponibles en diferentes tamaños, tipos de conexiones y con bobinas de diferentes tensiones y frecuencias.

Las válvulas se suministran por partes, ofreciendo la posibilidad de diseñar la válvula según sus requisitos.

Las válvulas Danfoss seleccionadas, sern del tipo EVR/EVRH, normalmente cerrada (NC). La EVR (NC) es una válvula solenoide de acción directa ó servoaccionada, para tuberías de líquido, de aspiración y de gas caliente con refrigerantes fluorados. Las válvulas EVR se suministran completas ó como elementos independientes, es decir, cuerpo, bobina y bridas.



Figura 2.3.5.2.1.- Válvula solenoides EVR

A continuación se adjuntan las selecciones de estas válvulas sacadas del programa de selección COOLSELECTOR.

Válvulas solenoide para los TÚNELES DE CONGELACIÓN:

Los tres túneles de congelación son iguales, es decir, la misma selección.

Coolselector®	Report
Versión	1.0.1.4
Versión de la base de datos	1.0.0.30
Calculation Date	28/08/2014

**Criterios de búsqueda**

Refrigerante	R404A
Capacidad de refrigeración	47,9 kW
Temperatura	-25 °C
Presión abs.	2,50 bar
Recalentamiento	10 K
Temperatura	32 °C
Presión abs.	15,07 bar
Subenfriamiento	4 K
Serie	EVR
Tipo	EVR 15
Posición de tubería	Tubería de
País	Ver todos
User Selection	Selección Rápida

Selection Details

Tipo	Caída de temp. (K)	Caída de pres. (bar)	Capacidad mín. (kW)	Carga parcial posible (%)
EVR 15	0,80	0,30	19,6	41

Disclaimer

Todos los valores calculados y componentes seleccionados con este programa de software se deben verificar por el usuario. Danfoss no acepta ninguna responsabilidad por posibles errores en el programa CoolSelector®, reservándose el derecho de alterar sus productos sin previo aviso, incluyéndose los que estén bajo pedido, si estas modificaciones no afectan a las características convenidas con el cliente. Todas las marcas registradas son propiedad de las respectivas compañías. Danfoss y el logotipo de Danfoss son marcas registradas de Danfoss A/S. Reservados todos los derechos. Danfoss.. ©Danfoss A/S, Refrigeration and Air Conditioning Division 2009

Válvulas solenoide para el ARMARIO DE CONGELACIÓN:

Coolselector® Report
 Versión 1.0.1.4
 Versión de la base de datos 1.0.0.30
 Calculation Date 28/08/2014



Criterios de búsqueda

Refrigerante R404A
 Capacidad de refrigeración 51,7 kW
 Temperatura -25 °C
 Presión abs. 2,50 bar
 Recalentamiento 10 K
 Temperatura 32 °C
 Presión abs. 15,07 bar
 Subenfriamiento 4 K
 Serie EVR
 Tipo EVR 15
 Tubería de
 Posición de tubería líquido
 País Ver todos
 User Selection Selección Rápida

Selection Details

Tipo	Caída de temp. (K)	Caída de pres. (bar)	Capacidad mín. (kW)	Carga parcial posible (%)
EVR 15	0,93	0,35	19,6	38

Disclaimer

Todos los valores calculados y componentes seleccionados con este programa de software se deben verificar por el usuario. Danfoss no acepta ninguna responsabilidad por posibles errores en el programa CoolSelector®, reservándose el derecho de alterar sus productos sin previo aviso, incluyéndose los que estén bajo pedido, si estas modificaciones no afectan a las características convenidas con el cliente. Todas las marcas registradas son propiedad de las respectivas compañías. Danfoss y el logotipo de Danfoss son marcas registradas de Danfoss A/S. Reservados todos los derechos. Danfoss.. ©Danfoss A/S, Refrigeration and Air Conditioning Division 2009

Válvulas solenoide para la BODEGA DE CONSERVACIÓN DE CONGELADOS:

La bodega de conservación de congelados, tiene unas necesidades frigoríficas totales de 14,5 kw, y aunque para la selección de las válvulas de expansión se ha dividido en 7 circuitos, sólo se montará una única válvulas solenoide, que sería:

Coolselector®	Report
Versión	1.0.1.4
Versión de la base de datos	1.0.0.30
Calculation Date	28/08/2014



Criterios de búsqueda

Refrigerante	R404A
Capacidad de refrigeración	14,5 kW
Temperatura	-25 °C
Presión abs.	2,50 bar
Recalentamiento	10 K
Temperatura	32 °C
Presión abs.	15,07 bar
Subenfriamiento	4 K
Serie	EVR
Tipo	EVR 10
Posición de tubería	Tubería de
País	Ver todos
User Selection	Selección Rápida

Selection Details

Tipo	Caída de temp. (K)	Caída de pres. (bar)	Capacidad mín. (kW)	Carga parcial posible (%)
EVR 10	0,14	0,05	14,2	98

Disclaimer

Todos los valores calculados y componentes seleccionados con este programa de software se deben verificar por el usuario. Danfoss no acepta ninguna responsabilidad por posibles errores en el programa CoolSelector®, reservándose el derecho de alterar sus productos sin previo aviso, incluyéndose los que estén bajo pedido, si estas modificaciones no afectan a las características convenidas con el cliente. Todas las marcas registradas son propiedad de las respectivas compañías. Danfoss y el logotipo de Danfoss son marcas registradas de Danfoss A/S. Reservados todos los derechos. Danfoss.. ©Danfoss A/S, Refrigeration and Air Conditioning Division 2009

Válvulas solenoide para los ENTREPUESTES DE CONSERVACIÓN DE CONGELADOS:

Los dos entrepuentes de conservación de congelados, tiene unas necesidades frigoríficas muy similares, de 6,37 y 6,78 Kw, por el mismo motivo explicado en la bodega, aunque se dividirán en 2 circuitos en cada entrepuente, solo se instalará una válvula solenoide para cada uno. Por la igualdad de la capacidad frigorífica de ambos solo se realizará una selección, la del más desfavorable:

Coolselector®	Report
Versión	1.0.1.4
Versión de la base de datos	1.0.0.30
Calculation Date	28/08/2014



Criterios de búsqueda

Refrigerante	R404A
Capacidad de refrigeración	6,78 kW
Temperatura	-25 °C
Presión abs.	2,50 bar
Recalentamiento	10 K
Temperatura	32 °C
Presión abs.	15,07 bar
Subenfriamiento	4 K
Serie	EVR
Tipo	EVR 6
Posición de tubería	Tubería de
País	Ver todos
User Selection	Selección Rápida

Selection Details

	Caída de temp. (K)	Caída de pres. (bar)	Capacidad mín. (kW)	Carga parcial posible (%)
Tipo EVR 6	0,17	0,06	6,0	89

Disclaimer

Todos los valores calculados y componentes seleccionados con este programa de software se deben verificar por el usuario. Danfoss no acepta ninguna responsabilidad por posibles errores en el programa CoolSelector®, reservándose el derecho de alterar sus productos sin previo aviso, incluyéndose los que estén bajo pedido, si estas modificaciones no afectan a las características convenidas con el cliente. Todas las marcas registradas son propiedad de las respectivas compañías. Danfoss y el logotipo de Danfoss son marcas registradas de Danfoss A/S. Reservados todos los derechos. Danfoss. © Danfoss A/S, Refrigeration and Air Conditioning Division 2009

2.3.6 Cálculo de las válvulas de seguridad y tubería de descarga (alivio).

Este punto tiene como objeto la justificación de las válvulas de seguridad seleccionadas para la protección de los recipientes a presión en cumplimiento de la MI-IF-009 del Reglamento de Seguridad para plantas e Instalaciones Frigoríficas.

Las válvulas de seguridad instaladas con carácter obligatorio, y sus conexiones, tendrán una capacidad de descarga tal que impidan una sobrepresión de un 10 por 100 sobre la presión de timbre. Esta condición tendrá que ser cumplida por cada una de las válvulas de seguridad consideradas independientemente.

La capacidad mínima de evacuación de la válvula de seguridad de un recipiente que contenga refrigerante líquido se determinará por la siguiente fórmula:

$$C = f \cdot D \cdot L \quad (2.3.6.1)$$

donde:

C = Capacidad de evacuación, expresada en Kilogramos de aire por hora.

D = Diámetro exterior del recipiente, expresado en metros.

L = Longitud del recipiente, expresada en metros.

F = Factor que depende del refrigerante y que vale 623 para refrigerante R-404A.

En la siguiente tabla se indican las capacidades de evacuación mínimas requeridas para los recipientes a presión indicados:

Nº	RECIPIENTE	Diámetro ext. (m.)	Longitud (m.)	Vol. (dm ³)	Refrig.	f	Capacidad de evacuación de válvula (Kg./h)
1	Separador aceite unidad compresora F160VSD nº1, túneles y armario	0,6	1,46	412,8	R-404A	623	545,7

2	Separador aceite unidad compresora F160VSD n°2- túneles y armario	0,6	1,46	412,8	R-404A	623	545,7
3	Separador aceite unidad compresora F125SUD, circuito de bodegas	0,6	1,46	412,8	R-404A	623	545,7
4	Condensador CFB-32-20-2/92, unidad n°1	0,324	2,0	164,8	R-404A	623	403,7
5	Condensador CFB-32-20-2/92, unidad n°2	0,324	2,0	164,8	R-404A	623	403,7
6	Condensador CFB-24-15-2/56, unidad de bodegas	0,244	1,5	70,0	R-404A	623	228,0
7	Recipiente de liquido refrigerante R-404A	0,6	1,83	517,4	R-404A	623	684,0

Tabla 2.3.6.1- Tabla de capacidades de evacuación mínimas requeridas

La capacidad de evacuación de aire de una válvula de seguridad que se expresará en kilogramos de aire por hora será medida a una presión no superior al 110 por 100 su presión de tarado.

En los casos en que determinados recipientes a presión, que contengan líquido refrigerante, requieran el uso de dos o más válvulas de seguridad en paralelo para alcanzar la capacidad de evacuación exigida, la batería de de válvulas de seguridad en paralelo se considerará como una unidad y, por consiguiente, como un único dispositivo de seguridad.

Cuando una válvula de seguridad proteja a más de un recipiente a presión, su capacidad será la suma de las capacidades que correspondan a cada recipiente a presión.

Los recipientes con volumen interior igual o superior a 280 dm^3 se protegerán con dos válvulas de seguridad en paralelo conectadas a una válvula de cierre de tres vías, de tal tipo que no puedan seccionarse las dos válvulas de seguridad simultáneamente.

La toma o conexión de las válvulas de seguridad se efectuará siempre en una parte del elemento protegido que no pueda ser alcanzada por el nivel del líquido refrigerante.

Las válvulas de seguridad no estarán taradas a presión superior a la de timbre de los recipientes, ni superior a la de la prueba de estanqueidad de la instalación.

Las válvulas de seguridad dispondrán del reglamentario precinto como garantía de su correcto tarado.

2.3.6.1 Cálculo y selección de las válvulas de seguridad.

Por lo tanto siguiendo todas estas premisas de selección, las válvulas de seguridad seleccionadas para los recipientes de tabla anterior, son de la marca CASTEL y serán las siguientes:

- Separadores de aceite, números 1, 2 y 3 de las unidades compresoras, con un volumen superior a 280 dm^3 , y con un caudal de evacuación mínimo de $545,7 \text{ Kg/h.}$, llevarán instalada una válvula de seguridad doble, cada uno de ellos, formada por:
 - 1 x **Cuerpo conexiones doble** para válvulas de seguridad, **tipo 3032/44.**
 - 2 x **Válvulas de seguridad de paso angular, tipo 3030/44C,** para una presión de timbre de $27,5 \text{ bar.}$
- Condensadores multitubulares de agua de mar, números 4 y 5, con un volumen no igual ó superior a 280 dm^3 , y con un caudal de evacuación mínimo de $403,7 \text{ Kg/h.}$, llevarán instalada, cada uno de ellos, la siguiente válvula de seguridad simple:

- 1 x **Válvula de seguridad de paso angular, tipo 3060/34C**, para una presión de timbre de 27,5 bar.

- Condensador multitubular de agua de mar, número 6, con un volumen no igual ó superior a 280 dm³, y con un caudal de evacuación mínimo de 228 Kg/h., llevará instalada la siguiente válvula de seguridad simple:
 - 1 x **Válvula de seguridad de paso angular, tipo 3060/23C**, para una presión de timbre de 27,5 bar.

- Recipiente de líquido refrigerante general, número 7, con un volumen superior a 280 dm³, y con un caudal de evacuación mínimo de 684,0 Kg/h., llevará instalada una válvula de seguridad doble, formada por:
 - 1 x **Cuerpo conexiones doble** para válvulas de seguridad, **tipo 3032/44**.
 - 2 x **Válvulas de seguridad de paso angular, tipo 3030/44C**, para una presión de timbre de 27,5 bar.

Las válvulas de seguridad descritas, han sido seleccionadas en la siguiente tabla del catalogo de PECOMARK:

VALVULAS SEGURIDAD PASO ANGULAR «CASTEL» MARCADAS CE								D1-04-180			
	Aplicación Refrigerante	Sección de paso mm ²	Capacidad descarga* kg/h aire 20 °C kg/h refrigerante T _{sat} °C 100 °C			Entr. NPT	Sal. SAE	Modelo	Presión Timbre Bar	Código	€
	R-134a R-22/R-407C R-404A/R507A	38	439 511 583	876 954 1311	775 829 1022	1/4" M	3/8" M	3000/23C	20,5 24 27,5	404058 404059 404060	
	R-134a R-22/R-407C R-404A/R507A	38	481 560 639	959 1044 1436	849 907 1120	3/8" M	1/2" M	3000/34C	20,5 24 27,5	404063 404064 404065	
	R-134a R-22/R-407C R-404A/R507A	70,9	577 672 767	1152 1254 1725	1020 1090 1345	1/2" M	5/8" M	3000/45C	20,5 24,0 27,5	404069 404070 404071	
	R-134a R-22/R-407C R-404A/R507A	78,5	1166 1538 1756	2300 2875 3948	2020 2480 3079	1/2" M	3/4" M	3000/48C	20,5 24 27,5	404078 404079 404080	
	R-134a R-22/R-407C R-404A/R507A	113	1636 2048 2337	3201 3812 5151	2828 3301 4083	1/2" M	3/4" M	3030/44C	20,5 24 27,5	404061 404056 404054	
	R-134a R-22/R-407C R-404A/R507A	113	1758 2048 2337	3523 3812 5151	3070 3301 4083	3/4" M	3/4" M	3030/66C	20,5 24 27,5	404067 404068 404068	
	R-134a R-22/R-407C R-404A/R507A	298	3978 4981 5683	7784 9271 12528	6878 8029 9930	1" M	1 1/4" M	3030/88C	20,5 24 27,5	404062 404057 404055	

CUERPO CON CONEXIONES DOBLE PARA VALVULAS DE SEGURIDAD «CASTEL» CE						D1-04-182	
	Descripción	Entr. NPT	SAL NPT	MODELO	Código	€	
	El conjunto se compone de cuerpo (3032/44) y 2 conexiones (3033/4) para válvulas de seguridad 3030/...3/4"	1/2" M	1/2"	3032/44	404074		
	El conjunto se compone de cuerpo (3032/66) para acoplar dos válvulas de seguridad 3030/...3/4"	3/4" M	3/4" H	3032/66	404073		
	El conjunto se compone de cuerpo (3032/108) para acoplar dos válvulas de seguridad 3030/...1"	1" M	1" H	3032/108	404076		

Este sistema en caso de avería de una de las válvulas permite, la sustitución de la misma sin dejar el recipiente sin protección.

* Las capacidades de descarga indicadas, están incluidas según la norma 13138: 2001.

2.3.6.2 Cálculo de la tubería de descarga de las válvulas de seguridad.

La tubería de descarga de las válvulas de seguridad será de la sección necesaria para que no produzca una sobrepresión tal que pueda anular la acción de la válvula, empleándose, a estos efectos, la fórmula siguiente:

$$L = (0,0846 P_t^2 d^5) / C^2$$

donde:

L = Longitud de descarga de la tubería en metros.

P_t = Presión de tarado (Kg/cm²) x 1,1 + 1,033.

d = Diámetro interior de la tubería en centímetros.

C = Caudal de aire mínimo requerido en la descarga (en Kilogramos por minuto).

A continuación se indican los diámetros interiores mínimos para la tubería de descarga de las válvulas de seguridad:

Nº	Válvula de seguridad - recipiente	Longitud <u>estimada</u> de tubería de descarga (m.)	Presión de tarado válvula (Kg/cm ²)	Caudal de aire mínimo (Kg/min)	Diámetro interior mínimo tubería a instalar (cm.)
1	Separador aceite unidad compresora F160VSD nº1, túneles y armario	10	27,5	9,1	1,58
2	Separador aceite unidad compresora F160VSD nº2- túneles y armario	10	27,5	9,1	1,58
3	Separador aceite unidad compresora F125SUD, circuito de bodegas	10	27,5	9,1	1,58
4	Condensador CFB-32-20-2/92, unidad nº1	10	27,5	6,73	1,4
5	Condensador CFB-32-20-2/92, unidad nº2	10	27,5	6,73	1,4
6	Condensador CFB-24-15-2/56, unidad de bodegas	10	27,5	3,8	1,11
7	Recipiente de liquido refrigerante R-404A	10	27,5	11,4	1,73

Tabla 2.3.6.2.1- Tabla de diámetros interiores mínimos para la tubería de descarga de las válvulas de seguridad

2.4 ANEXO 4; Cálculo de tuberías de la instalación.

El cálculo de tuberías, se realizará mediante el programa de cálculo de Danfoss, DIRcalc 1.26.

Para ello nos basaremos en los diferentes valores de las velocidades que debe tener el fluido refrigerante en las diferentes zonas del circuito, según el libro “INSTALACIONES FRIGORÍFICAS” del autor P.J. RAPIN, el cual considera los siguientes valores:

R-404	Aspiración	Descarga	Líquido
Velocidad(m/s)	8-15	15-20	0,5-1,50

Tabla 2.3.1.- Velocidades recomendadas del refrigerante

Este cálculo, solo será realizado para las conducciones principales:

2.4.1 Cálculo de tuberías de aspiración.

Título: **LÍNEA DE ASPIRACION DEL CIRCUITO DE CONGELACION.**

Tramos: **1. Compresor – colectores**

Datos de cálculo:

Refrigerante:	R-404A
Sistema:	Expansión directa.
Tubería:	Línea de aspiración
Velocidad máx.:	15 m./s.
Potencia frigorífica max.:	106,3 Kw.
Caudal másico:	3.979 Kg./h.
Temperatura de evaporación:	-35 ° C.
Presión de evaporación:	1,66 Bar.

Resultados:

Conexiones nominales (mm.):	DN 100
Conexiones nominales (pulg.):	4

Longitud de tubería equivalente:	5	m.l.
Dp max. Carga:	0,00465	Bar.
Dt max. Carga:	0,0659	K.
Velocidad:	14,6	m./s.

Título: LINEA DE ASPIRACION DEL CIRCUITO DE CONGELACION.

Tramos: 2. Colectores 1 y 2

Datos de cálculo:

Refrigerante:	R-404A	
Sistema:	Expansión directa.	
Tubería:	Línea de aspiración	
Velocidad máx.:	15	m./s.
Potencia frigorífica max.:	212,6	Kw.
Caudal másico:	7.959	Kg./h.
Temperatura de evaporación:	-35	° C.
Presión de evaporación:	1,66	Bar.

Resultados:

Conexiones nominales (mm.):	DN 150	
Conexiones nominales (pulg.):	6	
Longitud de tubería equivalente:	6	m.l.
Dp max. Carga:	0,00292	Bar.
Dt max. Carga:	0,0414	K.
Velocidad:	13,2	m./s.

Título: LINEA DE ASPIRACION DEL CIRCUITO DE CONGELACION.

Tramos: 3. Colectores 1 y 2 - Evaporadores túneles

Datos de cálculo:

Refrigerante:	R-404A	
Sistema:	Expansión directa.	

Tubería:	Línea de aspiración	
Velocidad máx.:	15	m./s.
Potencia frigorífica max.:	47,9	Kw.
Caudal másico:	1.793	Kg./h.
Temperatura de evaporación:	-35	° C.
Presión de evaporación:	1,66	Bar.

Resultados:

Conexiones nominales (mm.):	DN 80	
Conexiones nominales (pulg.):	3	
Longitud de tubería equivalente:	15	m.l.
Dp max. Carga:	0,0112	Bar.
Dt max. Carga:	0,159	K.
Velocidad:	11,1	m./s.

Título: **LINEA DE ASPIRACION DEL CIRCUITO DE CONGELACION.**

Tramos: **4. Colectores 1 y 2 - Armario**

Datos de cálculo:

Refrigerante:	R-404A	
Sistema:	Expansión directa.	
Tubería:	Línea de aspiración	
Velocidad máx.:	15	m./s.
Potencia frigorífica max.:	51,7	Kw.
Caudal másico:	1.935	Kg./h.
Temperatura de evaporación:	-35	° C.
Presión de evaporación:	1,66	Bar.

Resultados:

Conexiones nominales (mm.):	DN 80	
Conexiones nominales (pulg.):	3	
Longitud de tubería equivalente:	8	m.l.
Dp max. Carga:	0,00685	Bar.

Dt max. Carga:	0,0970	K.
Velocidad:	12,0	m./s.

Título: LINEA DE ASPIRACION DEL CIRCUITO DE CONSERVACION.

Tramos: 5. Compresor bod. – Colector interconexión circuitos congelación-conservación

Datos de cálculo:

Refrigerante:	R-404A	
Sistema:	Expansión directa.	
Tubería:	Línea de aspiración	
Velocidad máx.:	15	m./s.
Potencia frigorífica max.:	48,6	Kw.
Caudal másico:	1.819	Kg./h.
Temperatura de evaporación:	-35	° C.
Presión de evaporación:	1,66	Bar.

Resultados:

Conexiones nominales (mm.):	DN 80	
Conexiones nominales (pulg.):	3	
Longitud de tubería equivalente:	5	m.l.
Dp max. Carga:	0,00383	Bar.
Dt max. Carga:	0,0542	K.
Velocidad:	11,2	m./s.

Título: LINEA DE ASPIRACION DEL CIRCUITO DE CONSERVACION.

Tramos: 6. Colector interconexión – Colector bodega + entrepuentes.

Datos de cálculo:

Refrigerante:	R-404A	
Sistema:	Expansión directa.	
Tubería:	Línea de aspiración	
Velocidad máx.:	15	m./s.

Potencia frigorífica max.:	48,6	Kw.
Caudal másico:	1.819	Kg./h.
Temperatura de evaporación:	-35	° C.
Presión de evaporación:	1,66	Bar.

Resultados:

Conexiones nominales (mm.):	DN 80	
Conexiones nominales (pulg.):	3	
Longitud de tubería equivalente:	20	m.l.
Dp max. Carga:	0,0153	Bar.
Dt max. Carga:	0,217	K.
Velocidad:	11,2	m./s.

Título: LINEA DE ASPIRACION DEL CIRCUITO DE CONSERVACION.

Tramo: 7. Colector bodega + entrepuente – Con cada uno de los 11 circuitos de serpentines (7 + 2 + 2).

Datos de cálculo:

Refrigerante:	R-404A	
Sistema:	Expansión directa.	
Tubería:	Línea de aspiración	
Velocidad máx.:	15	m./s.
Potencia frigorífica max.:	3,39	Kw.
Caudal másico:	127	Kg./h.
Temperatura de evaporación:	-35	° C.
Presión de evaporación:	1,66	Bar.

Resultados:

Conexiones nominales (mm.):	DN 20	
Conexiones nominales (pulg.):	3/4	
Longitud de tubería equivalente:	25	m.l.
Dp max. Carga:	0,0846	Bar.
Dt max. Carga:	1,22	K.
Velocidad:	10,7	m./s.

2.4.2 Cálculo de tuberías de líquido.

Título: **LINEA DE LIQUIDO GENERAL**

Tramo: **1. Recipiente liquido – Filtro general**

Datos de cálculo:

Refrigerante:	R-404A	
Sistema:	Expansión directa.	
Tubería:	Línea de líquido.	
Velocidad máx.:	1,5	m./s.
Potencia frigorífica max.:	261,2	Kw.
Caudal másico:	9.787	Kg./h.
Temperatura de evaporación:	-35	° C.
Presión de evaporación:	1,71	Bar.
Temperatura de condensación:	40	° C.
Presión de evaporación:	18,3	Bar.

Resultados:

Conexiones nominales (mm.):	DN 50	
Conexiones nominales (pulg.):	2	
Longitud de tubería equivalente:	1	m.l.
Dp max. Carga:	0,00158	Bar.
Dt max. Carga:	0,00361	K.
Velocidad:	1,17	m./s.

Título: **LINEA DE LIQUIDO CIRCUITO CONGELACIÓN (Túneles y armario).**

Tramo: **2. Filtro general – Colector liquido túneles y armario**

Datos de cálculo:

Refrigerante:	R-404A
Sistema:	Expansión directa.

Tubería:	Línea de líquido.	
Velocidad máx.:	1,5	m./s.
Potencia frigorífica max.:	195,4	Kw.
Caudal másico:	7.322	Kg./h.
Temperatura de evaporación:	-35	° C.
Presión de evaporación:	1,71	Bar.
Temperatura de condensación:	40	° C.
Presión de evaporación:	18,3	Bar.

Resultados:

Conexiones nominales (mm.):	DN 40	
Conexiones nominales (pulg.):	1 1/2	
Longitud de tubería equivalente:	6	m.l.
Dp max. Carga:	0,0174	Bar.
Dt max. Carga:	0,0397	K.
Velocidad:	1,40	m./s.

Título: **LINEA DE LIQUIDO CIRCUITO CONGELACIÓN (Túneles y armario).**

Tramos: **3. Colector liquido túneles y armario – cada evaporador túnel**

Datos de cálculo:

Refrigerante:	R-404A	
Sistema:	Expansión directa.	
Tubería:	Línea de líquido.	
Velocidad máx.:	1,5	m./s.
Potencia frigorífica max.:	47,9	Kw.
Caudal másico:	1.795	Kg./h.
Temperatura de evaporación:	-35	° C.
Presión de evaporación:	1,71	Bar.
Temperatura de condensación:	40	° C.
Presión de evaporación:	18,3	Bar.

Resultados:

Conexiones nominales (mm.):	DN 20	
Conexiones nominales (pulg.):	3/4	
Longitud de tubería equivalente:	5	m.l.
Dp max. Carga:	0,0272	Bar.
Dt max. Carga:	0,0622	K.
Velocidad:	1,28	m./s.

Título: **LINEA DE LIQUIDO CIRCUITO CONGELACIÓN (Túneles y armario).**

Tramos: **4. Colector liquido túneles y armario – armario**

Datos de cálculo:

Refrigerante:	R-404A	
Sistema:	Expansión directa.	
Tubería:	Línea de líquido.	
Velocidad máx.:	1,5	m./s.
Potencia frigorífica max.:	51,7	Kw.
Caudal másico:	1.937	Kg./h.
Temperatura de evaporación:	-35	° C.
Presión de evaporación:	1,71	Bar.
Temperatura de condensación:	40	° C.
Presión de evaporación:	18,3	Bar.

Resultados:

Conexiones nominales (mm.):	DN 20	
Conexiones nominales (pulg.):	3/4	
Longitud de tubería equivalente:	8	m.l.
Dp max. Carga:	0,0500	Bar.
Dt max. Carga:	0,114	K.
Velocidad:	1,39	m./s.

Título: LINEA DE LIQUIDO CIRCUITO CONSERVACIÓN (Bodega y entrepuentes).

Tramos: 5. Filtro general – Colector liquido bodega y entrepuentes

Datos de cálculo:

Refrigerante:	R-404A	
Sistema:	Expansión directa.	
Tubería:	Línea de líquido.	
Velocidad máx.:	1,5	m./s.
Potencia frigorífica max.:	48,6	Kw.
Caudal másico:	1.821	Kg./h.
Temperatura de evaporación:	-35	° C.
Presión de evaporación:	1,71	Bar.
Temperatura de condensación:	40	° C.
Presión de evaporación:	18,3	Bar.

Resultados:

Conexiones nominales (mm.):	DN 25	
Conexiones nominales (pulg.):	1	
Longitud de tubería equivalente:	6	m.l.
Dp max. Carga:	0,0103	Bar.
Dt max. Carga:	0,0236	K.
Velocidad:	0,797	m./s.

Título: LINEA DE LIQUIDO CIRCUITO CONSERVACIÓN (Bodega y entrepuentes).

Tramos: 6. Colector liquido bodega y entrepuentes - Bodega

Datos de cálculo:

Refrigerante:	R-404A	
Sistema:	Expansión directa.	
Tubería:	Línea de líquido.	
Velocidad máx.:	1,5	m./s.

Potencia frigorífica max.:	14,5	Kw.
Caudal másico:	543	Kg./h.
Temperatura de evaporación:	-35	° C.
Presión de evaporación:	1,71	Bar.
Temperatura de condensación:	40	° C.
Presión de evaporación:	18,3	Bar.

Resultados:

Conexiones nominales (mm.):	DN 15	
Conexiones nominales (pulg.):	1/2	
Longitud de tubería equivalente:	25	m.l.
Dp max. Carga:	0,0536	Bar.
Dt max. Carga:	0,123	K.
Velocidad:	0,646	m./s.

Título: **LINEA DE LIQUIDO CIRCUITO CONSERVACIÓN (Bodega y entrepuentes).**

Tramos: **7. Colector liquido bodega y entrepuentes – Entrepunte carga.**

Datos de cálculo:

Refrigerante:	R-404A	
Sistema:	Expansión directa.	
Tubería:	Línea de líquido.	
Velocidad máx.:	1,5	m./s.
Potencia frigorífica max.:	6,37	Kw.
Caudal másico:	239	Kg./h.
Temperatura de evaporación:	-35	° C.
Presión de evaporación:	1,71	Bar.
Temperatura de condensación:	40	° C.
Presión de evaporación:	18,3	Bar.

Resultados:

Conexiones nominales (mm.):	DN 15	
Conexiones nominales (pulg.):	1/2	
Longitud de tubería equivalente:	25	m.l.
Dp max. Carga:	0,0125	Bar.
Dt max. Carga:	0,0286	K.
Velocidad:	0,284	m./s.

Título: LINEA DE LIQUIDO CIRCUITO CONSERVACIÓN (Bodega y entrepuentes).

Tramos: 8. Colector liquido bodega y entrepuentes – Entrepunte de cartonaje.

Datos de cálculo:

Refrigerante:	R-404A	
Sistema:	Expansión directa.	
Tubería:	Línea de líquido.	
Velocidad máx.:	1,5	m./s.
Potencia frigorífica max.:	6,78	Kw.
Caudal másico:	254	Kg./h.
Temperatura de evaporación:	-35	° C.
Presión de evaporación:	1,71	Bar.
Temperatura de condensación:	40	° C.
Presión de evaporación:	18,3	Bar.

Resultados:

Conexiones nominales (mm.):	DN 15	
Conexiones nominales (pulg.):	1/2	
Longitud de tubería equivalente:	25	m.l.
Dp max. Carga:	0,0140	Bar.
Dt max. Carga:	0,0319	K.
Velocidad:	0,302	m./s.

2.4.3 Cálculo de tuberías de descarga.

Título: **LÍNEAS DE DESCARGA DE LOS COMPRESORES DEL CIRCUITO DE CONGELACIÓN.**

Tramo: **1. Compresores (Sep. aceite) – Condensadores (D-1)**

Datos de cálculo:

Refrigerante:	R-404A	
Sistema:	Expansión directa.	
Tubería:	Línea de descarga.	
Velocidad máx.:	20	m./s.
Potencia frigorífica max.:	106,3	Kw.
Caudal másico:	3.979	Kg./h.
Temperatura de evaporación:	-35	° C.
Presión de evaporación:	1,66	Bar.
Temperatura de condensación:	40	° C.
Presión de evaporación:	18,2	Bar.

Resultados:

Conexiones nominales (mm.):	DN 32	
Conexiones nominales (pulg.):	1 ¼"	
Longitud de tubería equivalente:	6	m.l.
Dp max. Carga:	0,112	Bar.
Dt max. Carga:	0,257	K.
Velocidad:	13,0	m./s.

Título: **LÍNEAS DE DESCARGA DE LOS COMPRESORES DEL CIRCUITO DE CONGELACIÓN.**

Tramos: **2. Retorno Enf. aceite – Línea compresor-condensador (2-1)**

Datos de cálculo:

Refrigerante:	R-404A
---------------	--------

Sistema:	Expansión directa.	
Tubería:	Línea de descarga.	
Velocidad máx.:	20	m./s.
Potencia frigorífica max.:	24,3	Kw.
Caudal másico:	910	Kg./h.
Temperatura de evaporación:	-35	° C.
Presión de evaporación:	1,66	Bar.
Temperatura de condensación:	40	° C.
Presión de evaporación:	18,2	Bar.

Resultados:

Conexiones nominales (mm.):	DN 20	
Conexiones nominales (pulg.):	3/4"	
Longitud de tubería equivalente:	3	m.l.
Dp max. Carga:	0,0438	Bar.
Dt max. Carga:	0,101	K.
Velocidad:	8,3	m./s.

Título: **LINEAS DE DESCARGA DEL COMPRESOR DEL CIRCUITO DE CONSERVACIÓN.**

Tramo: **3. Compresor (Sep. aceite) – Condensador (D´-1´)**

Datos de cálculo:

Refrigerante:	R-404A	
Sistema:	Expansión directa.	
Tubería:	Línea de descarga.	
Velocidad máx.:	20	m./s.
Potencia frigorífica max.:	48,6	Kw.
Caudal másico:	1.819	Kg./h.
Temperatura de evaporación:	-35	° C.
Presión de evaporación:	1,66	Bar.
Temperatura de condensación:	40	° C.

Presión de evaporación: 18,2 Bar.

Resultados:

Conexiones nominales (mm.): DN 20
 Conexiones nominales (pulg.): 3/4"
 Longitud de tubería equivalente: 6 m.l.
 Dp max. Carga: 0,312 Bar.
 Dt max. Carga: 0,712 K.
 Velocidad: 16,3 m./s.

Título: **LINEAS DE DESCARGA DE LOS COMPRESORES DEL CIRCUITO DE CONGELACIÓN.**

Tramos: **4. Retorno Enf. aceite – Línea compresor-condensador (2-1)**

Datos de cálculo:

Refrigerante: R-404A
 Sistema: Expansión directa.
 Tubería: Línea de descarga.
 Velocidad máx.: 20 m./s.
 Potencia frigorífica máx.: 12,6 Kw.
 Caudal másico: 472 Kg./h.
 Temperatura de evaporación: -35 ° C.
 Presión de evaporación: 1,66 Bar.
 Temperatura de condensación: 40 ° C.
 Presión de evaporación: 18,2 Bar.

Resultados:

Conexiones nominales (mm.): DN 15
 Conexiones nominales (pulg.): 1/2
 Longitud de tubería equivalente: 3 m.l.
 Dp max. Carga: 0,0454 Bar.
 Dt max. Carga: 0,0104 K.

Velocidad: 7,15 m./s.

Título: LINEAS DE DESCARGA Ó GAS CALIENTE “CONDENSADO” DE LOS CONDENSADORES DEL CIRCUITO DE CONGELACIÓN AL RECIPIENTE.

Tramos: 5. Condensadores circ. congelación - Interconexión

Datos de cálculo:

Refrigerante:	R-404A	
Sistema:	Expansión directa.	
Tubería:	Línea de descarga.	
Velocidad máx.:	20	m./s.
Potencia frigorífica max.:	106,3	Kw.
Caudal másico:	3.979	Kg./h.
Temperatura de evaporación:	-35	° C.
Presión de evaporación:	1,66	Bar.
Temperatura de condensación:	40	° C.
Presión de evaporación:	18,2	Bar.

Resultados:

Conexiones nominales (mm.):	DN 32	
Conexiones nominales (pulg.):	1 ¼”	
Longitud de tubería equivalente:	10	m.l.
Dp max. Carga:	0,186	Bar.
Dt max. Carga:	0,425	K.
Velocidad:	12,9	m./s.

Título: LINEA DE DESCARGA Ó GAS CALIENTE “CONDENSADO” DEL CONDENSADOR DEL CIRCUITO DE CONSERVACIÓN AL RECIPIENTE.

Tramos: 6. Condensadores circ. conservación - Interconexión

Datos de cálculo:

Refrigerante:	R-404A	
Sistema:	Expansión directa.	
Tubería:	Línea de descarga.	
Velocidad máx.:	20	m./s.
Potencia frigorífica max.:	48,6	Kw.
Caudal másico:	1.819	Kg./h.
Temperatura de evaporación:	-35	° C.
Presión de evaporación:	1,66	Bar.
Temperatura de condensación:	40	° C.
Presión de evaporación:	18,2	Bar.

Resultados:

Conexiones nominales (mm.):	DN 20	
Conexiones nominales (pulg.):	3/4	
Longitud de tubería equivalente:	10	m.l.
Dp max. Carga:	0,513	Bar.
Dt max. Carga:	1,17	K.
Velocidad:	16,1	m./s.

Título: **LINEA DE DESCARGA Ó GAS CALIENTE “CONDENSADO” DE TODA LA INSTALACIÓN AL RECIPIENTE.**

Tramos: **7. Interconexión circuitos condensación – Trampa liquido**

Datos de cálculo:

Refrigerante:	R-404A	
Sistema:	Expansión directa.	
Tubería:	Línea de descarga.	
Velocidad máx.:	20	m./s.
Potencia frigorífica max.:	261,2	Kw.
Caudal másico:	9.778	Kg./h.
Temperatura de evaporación:	-35	° C.

Presión de evaporación:	1,66	Bar.
Temperatura de condensación:	40	° C.
Presión de evaporación:	18,2	Bar.

Resultados:

Conexiones nominales (mm.):	DN 65	
Conexiones nominales (pulg.):	2 ½"	
Longitud de tubería equivalente:	5	m.l.
Dp max. Carga:	0,0225	Bar.
Dt max. Carga:	0,0517	K.
Velocidad:	8,99	m./s.

Título: **LINEA DE DESCARGA Ó GAS CALIENTE “CONDENSADO” DE TODA LA INSTALACIÓN AL RECIPIENTE.**

Tramos: **8. Trampa líquido – Recipiente liquido**

Datos de cálculo:

Refrigerante:	R-404A	
Sistema:	Expansión directa.	
Tubería:	Línea de descarga.	
Velocidad máx.:	20	m./s.
Potencia frigorífica max.:	261,2	Kw.
Caudal másico:	9.778	Kg./h.
Temperatura de evaporación:	-35	° C.
Presión de evaporación:	1,66	Bar.
Temperatura de condensación:	40	° C.
Presión de evaporación:	18,2	Bar.

Resultados:

Conexiones nominales (mm.):	DN 65	
Conexiones nominales (pulg.):	2 ½"	
Longitud de tubería equivalente:	5	m.l.

Dp max. Carga:	0,0225	Bar.
Dt max. Carga:	0,0517	K.
Velocidad:	8,99	m./s.

2.4.4 Cálculo de otras líneas.

Título: LINEA DE ASPIRACION DE LOS COMPRESORES DEL CIRCUITO DE CONGELACION DEL ECONOMIZADOR COMUN.

Tramos: Economizador común (CONGELACIÓN) – Compresores F160

Datos de cálculo:

Refrigerante:	R-404A
Sistema:	Expansión directa.
Tubería:	Línea de aspiración
Velocidad máx.:	15 m./s.
Potencia frigorífica max.:	32,7 + 32,7 Kw.
Caudal másico:	1.996 Kg./h.
Temperatura de evaporación:	0 ° C.
Presión de evaporación:	6,03 Bar.

Resultados:

Conexiones nominales (mm.):	DN 50
Conexiones nominales (pulg.):	2
Longitud de tubería equivalente:	4 m.l.
Dp max. Carga:	0,00881 Bar.
Dt max. Carga:	0,0426 K.
Velocidad:	8,13 m./s.

Título: LINEA DE ASPIRACION DEL COMPRESOR DEL CIRCUITO DE CONSERVACION DEL ECONOMIZADOR DE ESTE CIRCUITO.

Tramo: Economizador (CONSERVACIÓN) – Compresor F125

Datos de cálculo:

Refrigerante:	R-404A
Sistema:	Expansión directa.
Tubería:	Línea de aspiración
Velocidad máx.:	15 m./s.
Potencia frigorífica max.:	15,1 Kw.
Caudal másico:	462 Kg./h.
Temperatura de evaporación:	0 ° C.
Presión de evaporación:	6,03 Bar.

Resultados:

Conexiones nominales (mm.):	DN 32
Conexiones nominales (pulg.):	1 1/4"
Longitud de tubería equivalente:	1 m.l.
Dp max. Carga:	0,000876 Bar.
Dt max. Carga:	0,00460 K.
Velocidad:	4,03 m./s.

NOTA.- A continuación se adjuntan todas las hojas de cálculo de las tuberías en el formato original del programa DIRCalc 1.26



Danfoss Industrial

Refrigeration A/S

Página 1/2

Fecha proyecto	
Fecha	29.08.2014
Archivo	Nombre fichero.dan
Proyecto	TFG/GEM/E-21-14
Información	1. Compresores F160 - Colectores

Sistema de datos	
Refrigerante	R404A
Selección de tarea	SERIES
Selección de sistema	SECO
Selección de tubería	Línea de aspiración seca
Tamaño tubería rec.	125 (106)
Velocidad tubería rec.	m/s 15.0

Datos de operación		
Capacidad evaporador	kW	106
Línea de caudal másico	kg/h	3979
Temperatura de Evaporación	°C	-35.0
Presión de Evaporación	bar	1.66
Temperatura de Condensación	°C	40.0
Presión de Condensación	bar	18.2
Recalentamiento	K	5.00
Subenfriamiento	K	5.00
Línea multiplicadora		1.00
Caida de presión calculada a máx. carga	bar	0.00465
Caida de temperatura calculada a máx. carga	K	0.0659

Diagrama	
TUBH100-DIN	



Danfoss Industrial

Refrigeration A/S

Página 2/2

1. Componente: TUBH100-DIN Tubo horizontal

Conexiones nominales (mm)		DN100
Conexiones nominales (pulg)		4
Longitud de tubería	m	5.00
dp max. carga	bar	0.00465
dt max. carga	K	0.0659
Velocidad máxima	m/s	14.6



Danfoss Industrial

Refrigeration A/S

Página 1/2

Fecha proyecto	
Fecha	29.08.2014
Archivo	Nombre fichero.dan
Proyecto	TFG/GEM/E-21-14
Información	2. Colectortes 1 y 2

Sistema de datos	
Refrigerante	R404A
Selección de tarea	SERIES
Selección de sistema	SECO
Selección de tubería	Línea de aspiración seca
Tamaño tubería rec.	150 (149)
Velocidad tubería rec.	m/s 15.0

Datos de operación		
Capacidad evaporador	kW	213
Línea de caudal másico	kg/h	7959
Temperatura de Evaporación	°C	-35.0
Presión de Evaporación	bar	1.66
Temperatura de Condensación	°C	40.0
Presión de Condensación	bar	18.2
Recalentamiento	K	5.00
Subenfriamiento	K	5.00
Línea multiplicadora		1.00
Caida de presión calculada a máx. carga	bar	0.00292
Caida de temperatura calculada a máx. carga	K	0.0414

Diagrama	
TUBH150-DIN	



Danfoss Industrial

Refrigeration A/S

Página 2/2

1. Componente: TUBH150-DIN Tubo horizontal

Conexiones nominales (mm)		DN150
Conexiones nominales (pulg)		6
Longitud de tubería	m	6.00
dp max. carga	bar	0.00292
dt max. carga	K	0.0414
Velocidad máxima	m/s	13.2



Danfoss Industrial

Refrigeration A/S

Página 1/2

Fecha proyecto	
Fecha	29.08.2014
Archivo	Nombre fichero.dan
Proyecto	TFG/GEM/E-21-14
Información	3. Colectortes 1 y 2 - Evap. túneles

Sistema de datos	
Refrigerante	R404A
Selección de tarea	SERIES
Selección de sistema	SECO
Selección de tubería	Línea de aspiración seca
Tamaño tubería rec.	76.0 (70.9)
Velocidad tubería rec.	m/s 15.0

Datos de operación		
Capacidad evaporador	kW	47.9
Línea de caudal másico	kg/h	1793
Temperatura de Evaporación	°C	-35.0
Presión de Evaporación	bar	1.66
Temperatura de Condensación	°C	40.0
Presión de Condensación	bar	18.2
Recalentamiento	K	5.00
Subenfriamiento	K	5.00
Línea multiplicadora		1.00
Caida de presión calculada a máx. carga	bar	0.0112
Caida de temperatura calculada a máx. carga	K	0.159

Diagrama	
TUBH80-DIN	



Danfoss Industrial

Refrigeration A/S

Página 2/2

1. Componente: TUBH80-DIN Tubo horizontal		
Conexiones nominales (mm)		DN80
Conexiones nominales (pulg)		3
Longitud de tubería	m	15.0
dp max. carga	bar	0.0112
dt max. carga	K	0.159
Velocidad máxima	m/s	11.1



Danfoss Industrial

Refrigeration A/S

Página 1/2

Fecha proyecto	
Fecha	29.08.2014
Archivo	Nombre fichero.dan
Proyecto	TFG/GEM/E-21-14
Información	4. Colectores 1 y 2 - Armario

Sistema de datos	
Refrigerante	R404A
Selección de tarea	SERIES
Selección de sistema	SECO
Selección de tubería	Línea de aspiración seca
Tamaño tubería rec.	76.0 (73.6)
Velocidad tubería rec.	m/s 15.0

Datos de operación		
Capacidad evaporador	kW	51.7
Línea de caudal másico	kg/h	1935
Temperatura de Evaporación	°C	-35.0
Presión de Evaporación	bar	1.66
Temperatura de Condensación	°C	40.0
Presión de Condensación	bar	18.2
Recalentamiento	K	5.00
Subenfriamiento	K	5.00
Línea multiplicadora		1.00
Caida de presión calculada a máx. carga	bar	0.00685
Caida de temperatura calculada a máx. carga	K	0.0970

Diagrama	
TUBH80-DIN	



Danfoss Industrial

Refrigeration A/S

Página 2/2

1. Componente: TUBH80-DIN Tubo horizontal		
Conexiones nominales (mm)		DN80
Conexiones nominales (pulg)		3
Longitud de tubería	m	8.00
dp max. carga	bar	0.00685
dt max. carga	K	0.0970
Velocidad máxima	m/s	12.0



Danfoss Industrial

Refrigeration A/S

Página 1/2

Fecha proyecto	
Fecha	29.08.2014
Archivo	Nombre fichero.dan
Proyecto	TFG/GEM/E-21-14
Información	5. Comp. F125 - Colector interc cong. - cons.

Sistema de datos	
Refrigerante	R404A
Selección de tarea	SERIES
Selección de sistema	SECO
Selección de tubería	Línea de aspiración seca
Tamaño tubería rec.	76.0 (71.4)
Velocidad tubería rec.	m/s 15.0

Datos de operación		
Capacidad evaporador	kW	48.6
Línea de caudal másico	kg/h	1819
Temperatura de Evaporación	°C	-35.0
Presión de Evaporación	bar	1.66
Temperatura de Condensación	°C	40.0
Presión de Condensación	bar	18.2
Recalentamiento	K	5.00
Subenfriamiento	K	5.00
Línea multiplicadora		1.00
Caida de presión calculada a máx. carga	bar	0.00383
Caida de temperatura calculada a máx. carga	K	0.0542

Diagrama	
TUBH80-DIN	



Danfoss Industrial

Refrigeration A/S

Página 2/2

1. Componente: TUBH80-DIN Tubo horizontal		
Conexiones nominales (mm)		DN80
Conexiones nominales (pulg)		3
Longitud de tubería	m	5.00
dp max. carga	bar	0.00383
dt max. carga	K	0.0542
Velocidad máxima	m/s	11.2



Danfoss Industrial

Refrigeration A/S

Página 1/2

Fecha proyecto	
Fecha	29.08.2014
Archivo	Nombre fichero.dan
Proyecto	TFG/GEM/E-21-14
Información	6. Colector interc cong.-cons. - Colector bod. + ent.

Sistema de datos	
Refrigerante	R404A
Selección de tarea	SERIES
Selección de sistema	SECO
Selección de tubería	Línea de aspiración seca
Tamaño tubería rec.	76.0 (71.4)
Velocidad tubería rec.	m/s 15.0

Datos de operación		
Capacidad evaporador	kW	48.6
Línea de caudal másico	kg/h	1819
Temperatura de Evaporación	°C	-35.0
Presión de Evaporación	bar	1.66
Temperatura de Condensación	°C	40.0
Presión de Condensación	bar	18.2
Recalentamiento	K	5.00
Subenfriamiento	K	5.00
Línea multiplicadora		1.00
Caida de presión calculada a máx. carga	bar	0.0153
Caida de temperatura calculada a máx. carga	K	0.217

Diagrama	
TUBH80-DIN	



Danfoss Industrial

Refrigeration A/S

Página 2/2

1. Componente: TUBH80-DIN Tubo horizontal		
Conexiones nominales (mm)		DN80
Conexiones nominales (pulg)		3
Longitud de tubería	m	20.0
dp max. carga	bar	0.0153
dt max. carga	K	0.217
Velocidad máxima	m/s	11.2



Danfoss Industrial

Refrigeration A/S

Página 1/2

Fecha proyecto	
Fecha	29.08.2014
Archivo	Nombre fichero.dan
Proyecto	TFG/GEM/E-21-14
Información	7. Colector bod. + ent. - Cada uno de los 11 circ.

Sistema de datos	
Refrigerante	R404A
Selección de tarea	SERIES
Selección de sistema	SECO
Selección de tubería	Línea de aspiración seca
Tamaño tubería rec.	20.0 (18.9)
Velocidad tubería rec.	m/s 15.0

Datos de operación		
Capacidad evaporador	kW	3.39
Línea de caudal másico	kg/h	127
Temperatura de Evaporación	°C	-35.0
Presión de Evaporación	bar	1.66
Temperatura de Condensación	°C	40.0
Presión de Condensación	bar	18.2
Recalentamiento	K	5.00
Subenfriamiento	K	5.00
Línea multiplicadora		1.00
Caida de presión calculada a máx. carga	bar	0.0846
Caida de temperatura calculada a máx. carga	K	1.22

Diagrama	
TUBH20-DIN	



Danfoss Industrial

Refrigeration A/S

Página 2/2

1. Componente: TUBH20-DIN Tubo horizontal		
Conexiones nominales (mm)		DN20
Conexiones nominales (pulg)		3/4.
Longitud de tubería	m	25.0
dp max. carga	bar	0.0846
dt max. carga	K	1.22
Velocidad máxima	m/s	10.7



Danfoss Industrial

Refrigeration A/S

Página 1/2

Fecha proyecto	
Fecha	29.08.2014
Archivo	Nombre fichero.dan
Proyecto	TFG/GEM/E-21-14
Información	1. Recipiente liquido - Filtro general

Sistema de datos	
Refrigerante	R404A
Selección de tarea	SERIES
Selección de sistema	SECO
Selección de tubería	Línea de líquido con o sin cambio de fase
Tamaño tubería rec.	50.0 (48.2)
Velocidad tubería rec.	m/s 1.50

Datos de operación		
Capacidad evaporador	kW	261
Línea de caudal másico	kg/h	9787
Temperatura de Evaporación	°C	-35.0
Presión de Evaporación	bar	1.71
Temperatura de Condensación	°C	40.0
Presión de Condensación	bar	18.3
Recalentamiento	K	5.00
Subenfriamiento	K	5.00
Línea multiplicadora		1.00
Caida de presión calculada a máx. carga	bar	0.00158
Caida de temperatura calculada a máx. carga	K	0.00361

Diagrama	
TUBH50-DIN	



Danfoss Industrial

Refrigeration A/S

Página 2/2

1. Componente: TUBH50-DIN Tubo horizontal

Conexiones nominales (mm)		DN50
Conexiones nominales (pulg)		2
Longitud de tubería	m	1.00
dp max. carga	bar	0.00158
dt max. carga	K	0.00361
Velocidad máxima	m/s	1.17



Danfoss Industrial

Refrigeration A/S

Página 1/2

Fecha proyecto	
Fecha	29.08.2014
Archivo	Nombre fichero.dan
Proyecto	TFG/GEM/E-21-14
Información	2. Filtro general - Colector túneles + armario

Sistema de datos	
Refrigerante	R404A
Selección de tarea	SERIES
Selección de sistema	SECO
Selección de tubería	Línea de líquido con o sin cambio de fase
Tamaño tubería rec.	42.0 (41.7)
Velocidad tubería rec.	m/s 1.50

Datos de operación		
Capacidad evaporador	kW	195
Línea de caudal másico	kg/h	7322
Temperatura de Evaporación	°C	-35.0
Presión de Evaporación	bar	1.71
Temperatura de Condensación	°C	40.0
Presión de Condensación	bar	18.3
Recalentamiento	K	5.00
Subenfriamiento	K	5.00
Línea multiplicadora		1.00
Caida de presión calculada a máx. carga	bar	0.0174
Caida de temperatura calculada a máx. carga	K	0.0397

Diagrama	
TUBH40-DIN	



Danfoss Industrial

Refrigeration A/S

Página 2/2

1. Componente: TUBH40-DIN Tubo horizontal

Conexiones nominales (mm)		DN40
Conexiones nominales (pulg)		1 1/2
Longitud de tubería	m	6.00
dp max. carga	bar	0.0174
dt max. carga	K	0.0397
Velocidad máxima	m/s	1.40



Danfoss Industrial

Refrigeration A/S

Página 1/2

Fecha proyecto	
Fecha	29.08.2014
Archivo	Nombre fichero.dan
Proyecto	TFG/GEM/E-21-14
Información	3. Colector túneles + armario - Evap. túnel

Sistema de datos	
Refrigerante	R404A
Selección de tarea	SERIES
Selección de sistema	SECO
Selección de tubería	Línea de líquido con o sin cambio de fase
Tamaño tubería rec.	22.0 (20.6)
Velocidad tubería rec.	m/s 1.50

Datos de operación		
Capacidad evaporador	kW	47.9
Línea de caudal másico	kg/h	1795
Temperatura de Evaporación	°C	-35.0
Presión de Evaporación	bar	1.71
Temperatura de Condensación	°C	40.0
Presión de Condensación	bar	18.3
Recalentamiento	K	5.00
Subenfriamiento	K	5.00
Línea multiplicadora		1.00
Caida de presión calculada a máx. carga	bar	0.0272
Caida de temperatura calculada a máx. carga	K	0.0622

Diagrama	
TUBH20-DIN	



Danfoss Industrial

Refrigeration A/S

Página 2/2

1. Componente: TUBH20-DIN Tubo horizontal		
Conexiones nominales (mm)		DN20
Conexiones nominales (pulg)		3/4.
Longitud de tubería	m	5.00
dp max. carga	bar	0.0272
dt max. carga	K	0.0622
Velocidad máxima	m/s	1.28



Danfoss Industrial

Refrigeration A/S

Página 1/2

Fecha proyecto	
Fecha	29.08.2014
Archivo	Nombre fichero.dan
Proyecto	TFG/GEM/E-21-14
Información	4. Colector túneles + armario - Armario

Sistema de datos	
Refrigerante	R404A
Selección de tarea	SERIES
Selección de sistema	SECO
Selección de tubería	Línea de líquido con o sin cambio de fase
Tamaño tubería rec.	22.0 (21.4)
Velocidad tubería rec.	m/s 1.50

Datos de operación		
Capacidad evaporador	kW	51.7
Línea de caudal másico	kg/h	1937
Temperatura de Evaporación	°C	-35.0
Presión de Evaporación	bar	1.71
Temperatura de Condensación	°C	40.0
Presión de Condensación	bar	18.3
Recalentamiento	K	5.00
Subenfriamiento	K	5.00
Línea multiplicadora		1.00
Caida de presión calculada a máx. carga	bar	0.0500
Caida de temperatura calculada a máx. carga	K	0.114

Diagrama	
TUBH20-DIN	



Danfoss Industrial

Refrigeration A/S

Página 2/2

1. Componente: TUBH20-DIN Tubo horizontal		
Conexiones nominales (mm)		DN20
Conexiones nominales (pulg)		3/4.
Longitud de tubería	m	8.00
dp max. carga	bar	0.0500
dt max. carga	K	0.114
Velocidad máxima	m/s	1.39



Danfoss Industrial

Refrigeration A/S

Página 1/2

Fecha proyecto	
Fecha	29.08.2014
Archivo	Nombre fichero.dan
Proyecto	TFG/GEM/E-21-14
Información	5. Filtro general - Colector bod. + entrep.

Sistema de datos	
Refrigerante	R404A
Selección de tarea	SERIES
Selección de sistema	SECO
Selección de tubería	Línea de líquido con o sin cambio de fase
Tamaño tubería rec.	22.0 (20.8)
Velocidad tubería rec.	m/s 1.50

Datos de operación		
Capacidad evaporador	kW	48.6
Línea de caudal másico	kg/h	1821
Temperatura de Evaporación	°C	-35.0
Presión de Evaporación	bar	1.71
Temperatura de Condensación	°C	40.0
Presión de Condensación	bar	18.3
Recalentamiento	K	5.00
Subenfriamiento	K	5.00
Línea multiplicadora		1.00
Caida de presión calculada a máx. carga	bar	0.0103
Caida de temperatura calculada a máx. carga	K	0.0236

Diagrama	
TUBH25-DIN	



Danfoss Industrial

Refrigeration A/S

Página 2/2

1. Componente: TUBH25-DIN Tubo horizontal		
Conexiones nominales (mm)		DN25
Conexiones nominales (pulg)		1
Longitud de tubería	m	6.00
dp max. carga	bar	0.0103
dt max. carga	K	0.0236
Velocidad máxima	m/s	0.797



Danfoss Industrial

Refrigeration A/S

Página 1/2

Fecha proyecto	
Fecha	29.08.2014
Archivo	Nombre fichero.dan
Proyecto	TFG/GEM/E-21-14
Información	6. Colector bod. + entrep. - Bodega

Sistema de datos	
Refrigerante	R404A
Selección de tarea	SERIES
Selección de sistema	SECO
Selección de tubería	Línea de líquido con o sin cambio de fase
Tamaño tubería rec.	12.0 (11.3)
Velocidad tubería rec.	1.50 m/s

Datos de operación		
Capacidad evaporador	kW	14.5
Línea de caudal másico	kg/h	543
Temperatura de Evaporación	°C	-35.0
Presión de Evaporación	bar	1.71
Temperatura de Condensación	°C	40.0
Presión de Condensación	bar	18.3
Recalentamiento	K	5.00
Subenfriamiento	K	5.00
Línea multiplicadora		1.00
Caida de presión calculada a máx. carga	bar	0.0536
Caida de temperatura calculada a máx. carga	K	0.123

Diagrama	
TUBH15-DIN	



Danfoss Industrial

Refrigeration A/S

Página 2/2

1. Componente: TUBH15-DIN Tubo horizontal

Conexiones nominales (mm)		DN15
Conexiones nominales (pulg)		1/2.
Longitud de tubería	m	25.0
dp max. carga	bar	0.0536
dt max. carga	K	0.123
Velocidad máxima	m/s	0.646



Danfoss Industrial

Refrigeration A/S

Página 1/2

Fecha proyecto	
Fecha	29.08.2014
Archivo	Nombre fichero.dan
Proyecto	TFG/GEM/E-21-14
Información	7. Colector bod. + entrep. - Entrep. carga

Sistema de datos	
Refrigerante	R404A
Selección de tarea	SERIES
Selección de sistema	SECO
Selección de tubería	Línea de líquido con o sin cambio de fase
Tamaño tubería rec.	8.00 (7.52)
Velocidad tubería rec.	m/s 1.50

Datos de operación		
Capacidad evaporador	kW	6.37
Línea de caudal másico	kg/h	239
Temperatura de Evaporación	°C	-35.0
Presión de Evaporación	bar	1.71
Temperatura de Condensación	°C	40.0
Presión de Condensación	bar	18.3
Recalentamiento	K	5.00
Subenfriamiento	K	5.00
Línea multiplicadora		1.00
Caida de presión calculada a máx. carga	bar	0.0125
Caida de temperatura calculada a máx. carga	K	0.0286

Diagrama	
TUBH15-DIN	



Danfoss Industrial

Refrigeration A/S

Página 2/2

1. Componente: TUBH15-DIN Tubo horizontal		
Conexiones nominales (mm)		DN15
Conexiones nominales (pulg)		1/2.
Longitud de tubería	m	25.0
dp max. carga	bar	0.0125
dt max. carga	K	0.0286
Velocidad máxima	m/s	0.284



Danfoss Industrial

Refrigeration A/S

Página 1/2

Fecha proyecto	
Fecha	29.08.2014
Archivo	Nombre fichero.dan
Proyecto	TFG/GEM/E-21-14
Información	8. Colector bod. + entrep. - Entrep. carton.

Sistema de datos	
Refrigerante	R404A
Selección de tarea	SERIES
Selección de sistema	SECO
Selección de tubería	Línea de líquido con o sin cambio de fase
Tamaño tubería rec.	8.00 (7.76)
Velocidad tubería rec.	m/s 1.50

Datos de operación		
Capacidad evaporador	kW	6.78
Línea de caudal másico	kg/h	254
Temperatura de Evaporación	°C	-35.0
Presión de Evaporación	bar	1.71
Temperatura de Condensación	°C	40.0
Presión de Condensación	bar	18.3
Recalentamiento	K	5.00
Subenfriamiento	K	5.00
Línea multiplicadora		1.00
Caida de presión calculada a máx. carga	bar	0.0140
Caida de temperatura calculada a máx. carga	K	0.0319

Diagrama	
TUBH15-DIN	



Danfoss Industrial

Refrigeration A/S

Página 2/2

1. Componente: TUBH15-DIN Tubo horizontal		
Conexiones nominales (mm)		DN15
Conexiones nominales (pulg)		1/2.
Longitud de tubería	m	25.0
dp max. carga	bar	0.0140
dt max. carga	K	0.0319
Velocidad máxima	m/s	0.302



Danfoss Industrial

Refrigeration A/S

Página 1/2

Fecha proyecto	
Fecha	29.08.2014
Archivo	Nombre fichero.dan
Proyecto	TFG/GEM/E-21-14
Información	1. Compresor F160 - Condensador

Sistema de datos	
Refrigerante	R404A
Selección de tarea	SERIES
Selección de sistema	SECO
Selección de tubería	Línea de descarga
Tamaño tubería rec.	32.0 (30.1)
Velocidad tubería rec.	20.0 m/s

Datos de operación		
Capacidad evaporador	kW	106
Línea de caudal másico	kg/h	3979
Temperatura de Evaporación	°C	-35.0
Presión de Evaporación	bar	1.66
Temperatura de Condensación	°C	40.0
Presión de Condensación	bar	18.2
Recalentamiento	K	5.00
Subenfriamiento	K	5.00
Línea multiplicadora		1.00
Temperatura gas caliente	°C	72.7
Caida de presión calculada a máx. carga	bar	0.112
Caida de temperatura calculada a máx. carga	K	0.257

Diagrama	
TUBH32-DIN	



Danfoss Industrial

Refrigeration A/S

Página 2/2

1. Componente: TUBH32-DIN Tubo horizontal		
Conexiones nominales (mm)		DN32
Conexiones nominales (pulg)		1 1/4
Longitud de tubería	m	6.00
dp max. carga	bar	0.112
dt max. carga	K	0.257
Velocidad máxima	m/s	13.0



Danfoss Industrial

Refrigeration A/S

Página 1/2

Fecha proyecto	
Fecha	29.08.2014
Archivo	Nombre fichero.dan
Proyecto	TFG/GEM/E-21-14
Información	2. Retorno Enf. Aceite - Línea comp. - cond.

Sistema de datos	
Refrigerante	R404A
Selección de tarea	SERIES
Selección de sistema	SECO
Selección de tubería	Línea de descarga
Tamaño tubería rec.	15.0 (14.4)
Velocidad tubería rec.	20.0 m/s

Datos de operación		
Capacidad evaporador	kW	24.3
Línea de caudal másico	kg/h	910
Temperatura de Evaporación	°C	-35.0
Presión de Evaporación	bar	1.66
Temperatura de Condensación	°C	40.0
Presión de Condensación	bar	18.2
Recalentamiento	K	5.00
Subenfriamiento	K	5.00
Línea multiplicadora		1.00
Temperatura gas caliente	°C	72.7
Caida de presión calculada a máx. carga	bar	0.0438
Caida de temperatura calculada a máx. carga	K	0.101

Diagrama	
TUBH20-DIN	



Danfoss Industrial

Refrigeration A/S

Página 2/2

1. Componente: TUBH20-DIN Tubo horizontal		
Conexiones nominales (mm)		DN20
Conexiones nominales (pulg)		3/4.
Longitud de tubería	m	3.00
dp max. carga	bar	0.0438
dt max. carga	K	0.101
Velocidad máxima	m/s	8.30



Danfoss Industrial

Refrigeration A/S

Página 1/2

Fecha proyecto	
Fecha	29.08.2014
Archivo	Nombre fichero.dan
Proyecto	TFG/GEM/E-21-14
Información	3. Compresor F125 - Condensador

Sistema de datos	
Refrigerante	R404A
Selección de tarea	SERIES
Selección de sistema	SECO
Selección de tubería	Línea de descarga
Tamaño tubería rec.	22.0 (20.3)
Velocidad tubería rec.	m/s 20.0

Datos de operación		
Capacidad evaporador	kW	48.6
Línea de caudal másico	kg/h	1819
Temperatura de Evaporación	°C	-35.0
Presión de Evaporación	bar	1.66
Temperatura de Condensación	°C	40.0
Presión de Condensación	bar	18.2
Recalentamiento	K	5.00
Subenfriamiento	K	5.00
Línea multiplicadora		1.00
Temperatura gas caliente	°C	72.7
Caida de presión calculada a máx. carga	bar	0.312
Caida de temperatura calculada a máx. carga	K	0.712

Diagrama	
TUBH20-DIN	



Danfoss Industrial

Refrigeration A/S

Página 2/2

1. Componente: TUBH20-DIN Tubo horizontal		
Conexiones nominales (mm)		DN20
Conexiones nominales (pulg)		3/4.
Longitud de tubería	m	6.00
dp max. carga	bar	0.312
dt max. carga	K	0.712
Velocidad máxima	m/s	16.3



Danfoss Industrial

Refrigeration A/S

Página 1/2

Fecha proyecto	
Fecha	29.08.2014
Archivo	Nombre fichero.dan
Proyecto	TFG/GEM/E-21-14
Información	4. Retorno Enf. Aceite - Línea comp. - cond.

Sistema de datos	
Refrigerante	R404A
Selección de tarea	SERIES
Selección de sistema	SECO
Selección de tubería	Línea de descarga
Tamaño tubería rec.	12.0 (10.4)
Velocidad tubería rec.	20.0 m/s

Datos de operación		
Capacidad evaporador	kW	12.6
Línea de caudal másico	kg/h	472
Temperatura de Evaporación	°C	-35.0
Presión de Evaporación	bar	1.66
Temperatura de Condensación	°C	40.0
Presión de Condensación	bar	18.2
Recalentamiento	K	5.00
Subenfriamiento	K	5.00
Línea multiplicadora		1.00
Temperatura gas caliente	°C	72.7
Caida de presión calculada a máx. carga	bar	0.0454
Caida de temperatura calculada a máx. carga	K	0.104

Diagrama	
TUBH15-DIN	



Danfoss Industrial

Refrigeration A/S

Página 2/2

1. Componente: TUBH15-DIN Tubo horizontal

Conexiones nominales (mm)		DN15
Conexiones nominales (pulg)		1/2.
Longitud de tubería	m	3.00
dp max. carga	bar	0.0454
dt max. carga	K	0.104
Velocidad máxima	m/s	7.15



Danfoss Industrial

Refrigeration A/S

Página 1/2

Fecha proyecto	
Fecha	29.08.2014
Archivo	Nombre fichero.dan
Proyecto	TFG/GEM/E-21-14
Información	5. Cond. cong. - Interconexión circuitos

Sistema de datos	
Refrigerante	R404A
Selección de tarea	SERIES
Selección de sistema	SECO
Selección de tubería	Línea de descarga
Tamaño tubería rec.	32.0 (30.1)
Velocidad tubería rec.	20.0 m/s

Datos de operación		
Capacidad evaporador	kW	106
Línea de caudal másico	kg/h	3979
Temperatura de Evaporación	°C	-35.0
Presión de Evaporación	bar	1.66
Temperatura de Condensación	°C	40.0
Presión de Condensación	bar	18.2
Recalentamiento	K	5.00
Subenfriamiento	K	5.00
Línea multiplicadora		1.00
Temperatura gas caliente	°C	72.7
Caida de presión calculada a máx. carga	bar	0.186
Caida de temperatura calculada a máx. carga	K	0.425

Diagrama	
TUBH32-DIN	



Danfoss Industrial

Refrigeration A/S

Página 2/2

1. Componente: TUBH32-DIN Tubo horizontal		
Conexiones nominales (mm)		DN32
Conexiones nominales (pulg)		1 1/4
Longitud de tubería	m	10.0
dp max. carga	bar	0.186
dt max. carga	K	0.425
Velocidad máxima	m/s	12.9



Danfoss Industrial

Refrigeration A/S

Página 1/2

Fecha proyecto	
Fecha	29.08.2014
Archivo	Nombre fichero.dan
Proyecto	TFG/GEM/E-21-14
Información	6. Cond. conserv. - Interconexión circuitos

Sistema de datos	
Refrigerante	R404A
Selección de tarea	SERIES
Selección de sistema	SECO
Selección de tubería	Línea de descarga
Tamaño tubería rec.	22.0 (20.3)
Velocidad tubería rec.	20.0 m/s

Datos de operación		
Capacidad evaporador	kW	48.6
Línea de caudal másico	kg/h	1819
Temperatura de Evaporación	°C	-35.0
Presión de Evaporación	bar	1.66
Temperatura de Condensación	°C	40.0
Presión de Condensación	bar	18.2
Recalentamiento	K	5.00
Subenfriamiento	K	5.00
Línea multiplicadora		1.00
Temperatura gas caliente	°C	72.7
Caida de presión calculada a máx. carga	bar	0.513
Caida de temperatura calculada a máx. carga	K	1.17

Diagrama	
TUBH20-DIN	



Danfoss Industrial

Refrigeration A/S

Página 2/2

1. Componente: TUBH20-DIN Tubo horizontal		
Conexiones nominales (mm)		DN20
Conexiones nominales (pulg)		3/4.
Longitud de tubería	m	10.0
dp max. carga	bar	0.513
dt max. carga	K	1.17
Velocidad máxima	m/s	16.1



Danfoss Industrial

Refrigeration A/S

Página 1/2

Fecha proyecto	
Fecha	29.08.2014
Archivo	Nombre fichero.dan
Proyecto	TFG/GEM/E-21-14
Información	7. Interconexión circuitos -Trampa líquido

Sistema de datos	
Refrigerante	R404A
Selección de tarea	SERIES
Selección de sistema	SECO
Selección de tubería	Línea de descarga
Tamaño tubería rec.	50.0 (47.2)
Velocidad tubería rec.	m/s 20.0

Datos de operación		
Capacidad evaporador	kW	261
Línea de caudal másico	kg/h	9778
Temperatura de Evaporación	°C	-35.0
Presión de Evaporación	bar	1.66
Temperatura de Condensación	°C	40.0
Presión de Condensación	bar	18.2
Recalentamiento	K	5.00
Subenfriamiento	K	5.00
Línea multiplicadora		1.00
Temperatura gas caliente	°C	72.7
Caida de presión calculada a máx. carga	bar	0.0225
Caida de temperatura calculada a máx. carga	K	0.0517

Diagrama	
TUBH65-DIN	



Danfoss Industrial

Refrigeration A/S

Página 2/2

1. Componente: TUBH65-DIN Tubo horizontal		
Conexiones nominales (mm)		DN65
Conexiones nominales (pulg)		2 1/2
Longitud de tubería	m	5.00
dp max. carga	bar	0.0225
dt max. carga	K	0.0517
Velocidad máxima	m/s	8.99



Danfoss Industrial

Refrigeration A/S

Página 1/2

Fecha proyecto	
Fecha	29.08.2014
Archivo	Nombre fichero.dan
Proyecto	TFG/GEM/E-21-14
Información	8. Trampa líquido - Recipiente líquido

Sistema de datos	
Refrigerante	R404A
Selección de tarea	SERIES
Selección de sistema	SECO
Selección de tubería	Línea de descarga
Tamaño tubería rec.	50.0 (47.2)
Velocidad tubería rec.	20.0 m/s

Datos de operación		
Capacidad evaporador	kW	261
Línea de caudal másico	kg/h	9778
Temperatura de Evaporación	°C	-35.0
Presión de Evaporación	bar	1.66
Temperatura de Condensación	°C	40.0
Presión de Condensación	bar	18.2
Recalentamiento	K	5.00
Subenfriamiento	K	5.00
Línea multiplicadora		1.00
Temperatura gas caliente	°C	72.7
Caida de presión calculada a máx. carga	bar	0.0225
Caida de temperatura calculada a máx. carga	K	0.0517

Diagrama	
TUBH65-DIN	



Danfoss Industrial

Refrigeration A/S

Página 2/2

1. Componente: TUBH65-DIN Tubo horizontal

Conexiones nominales (mm)		DN65
Conexiones nominales (pulg)		2 1/2
Longitud de tubería	m	5.00
dp max. carga	bar	0.0225
dt max. carga	K	0.0517
Velocidad máxima	m/s	8.99



Danfoss Industrial

Refrigeration A/S

Página 1/2

Fecha proyecto	
Fecha	29.08.2014
Archivo	Nombre fichero.dan
Proyecto	TFG/GEM/E-21-14
Información	Economizador común - Compresores F160

Sistema de datos	
Refrigerante	R404A
Selección de tarea	SERIES
Selección de sistema	SECO
Selección de tubería	Línea de aspiración seca
Tamaño tubería rec.	40.0 (40.1)
Velocidad tubería rec.	m/s 15.0

Datos de operación		
Capacidad evaporador	kW	65.4
Línea de caudal másico	kg/h	1996
Temperatura de Evaporación	°C	0.00
Presión de Evaporación	bar	6.03
Temperatura de Condensación	°C	40.0
Presión de Condensación	bar	18.2
Recalentamiento	K	5.00
Subenfriamiento	K	5.00
Línea multiplicadora		1.00
Caida de presión calculada a máx. carga	bar	0.00811
Caida de temperatura calculada a máx. carga	K	0.0426

Diagrama	
TUBH50-DIN	



Danfoss Industrial

Refrigeration A/S

Página 2/2

1. Componente: TUBH50-DIN Tubo horizontal

Conexiones nominales (mm)		DN50
Conexiones nominales (pulg)		2
Longitud de tubería	m	4.00
dp max. carga	bar	0.00811
dt max. carga	K	0.0426
Velocidad máxima	m/s	8.13



Danfoss Industrial

Refrigeration A/S

Página 1/2

Fecha proyecto	
Fecha	29.08.2014
Archivo	Nombre fichero.dan
Proyecto	TFG/GEM/E-21-14
Información	Economizador - Compresores F125

Sistema de datos	
Refrigerante	R404A
Selección de tarea	SERIES
Selección de sistema	SECO
Selección de tubería	Línea de aspiración seca
Tamaño tubería rec.	20.0 (19.3)
Velocidad tubería rec.	m/s 15.0

Datos de operación		
Capacidad evaporador	kW	15.1
Línea de caudal másico	kg/h	461
Temperatura de Evaporación	°C	0.00
Presión de Evaporación	bar	6.03
Temperatura de Condensación	°C	40.0
Presión de Condensación	bar	18.2
Recalentamiento	K	5.00
Subenfriamiento	K	5.00
Línea multiplicadora		1.00
Caida de presión calculada a máx. carga	bar	0.000876
Caida de temperatura calculada a máx. carga	K	0.00460

Diagrama	
TUBH32-DIN	



Danfoss Industrial

Refrigeration A/S

Página 2/2

1. Componente: TUBH32-DIN Tubo horizontal

Conexiones nominales (mm)		DN32
Conexiones nominales (pulg)		1 1/4
Longitud de tubería	m	1.00
dp max. carga	bar	0.000876
dt max. carga	K	0.00460
Velocidad máxima	m/s	4.03



“INSTALACIÓN FRIGORÍFICA EN ARRASTRERO CONGELADOR

PLANOS

GRADO EN INGENIERÍA MARINA

MANTENIMIENTO E INSTALACIONES

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA Y MÁQUINAS

FECHA: **SEPTIEMBRE-2014**

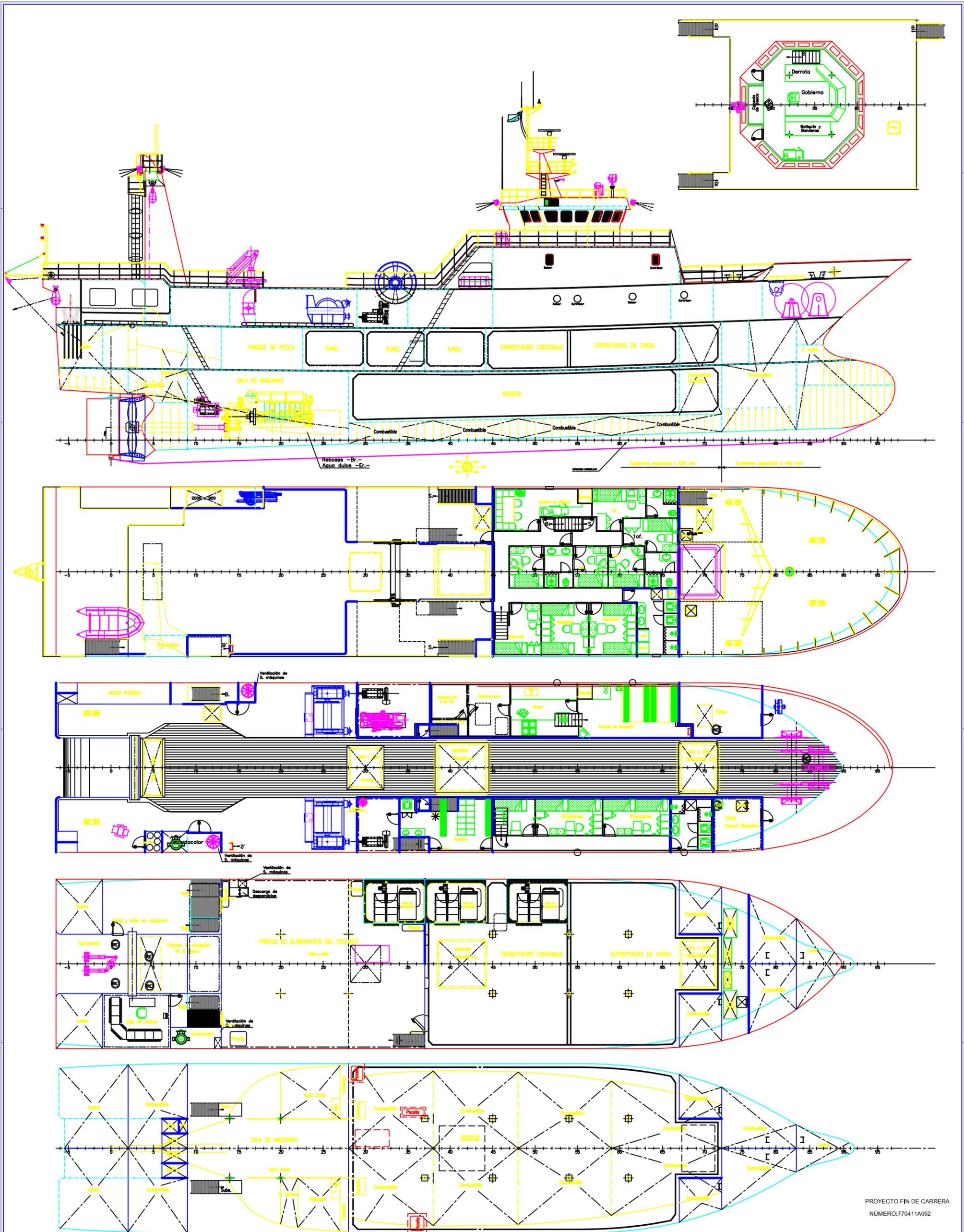
AUTOR: El alumno

Fdo.: Francisco Javier Trillo Vidal

INDICE PLANOS**Página**

3	PLANOS	
3.1	PLANO Nº1. Disposición general del buque	4
3.2	PLANO Nº2. Disposición de equipos en sala de máquinas	5
3.3	PLANO Nº3. Planos de los túneles de congelación	
3.3.1	Disposición general de los túneles en el buque	6
3.3.2	Disposición en planta del túnel	7
3.3.3	Sección longitudinal del túnel A-A´	8
3.3.4	Secciones transversales del túnel B-B´ y C-C´	9
3.3.5	Detalle bandejeros túneles	10
3.4	PLANO Nº4. Esquema frigorífico	11
3.5	PLANO Nº5. Esquema eléctrico	12
3.6	PLANO Nº6. Planos de equipos	
3.6.1	Empacho unidad MYCOM mod. F160	39
3.6.1.1	Circuito aceite unidad MYCOM mod. F160	40
3.6.2	Empacho unidad MYCOM mod. F125	41
3.6.2.1	Circuito aceite unidad MYCOM mod. F125	42
3.6.3	Recipiente de líquido	43
6.4	Bombas de agua de mar para la condensación	
3.6.4.1	Bomba MN-50/125-132S	44
3.6.4.2	Bomba MN-40/125-112M	45
3.6.5	Condensadores multitubulares marinos	

E.T.S.N.M.	INGENIERO MARINO – MANTENIMIENTO E INSTALACIONES	TFG/GEM/M-21-14
3.6.5.1	Condensador CFB-32-18,9-2/92	46
3.6.5.2	Condensador CFB-24-15-2/56	47
3.7.	PLANO Nº 7. Disposición de serpentines en bodegas	
3.7.1	Plano de disposición de serpentines en entrepuentes	48
3.7.2	Plano de disposición de serpentines en bodegas	49
3.8	PLANO Nº 8. Armario de congelación por placas	
3.8.1	Plano de estructura del armario	50
3.8.2	Plano general del armario	51
3.8.3	Plano de detalles del armario	52
3.9	PLANO Nº 9. Esquema de agua de mar de condensación	53

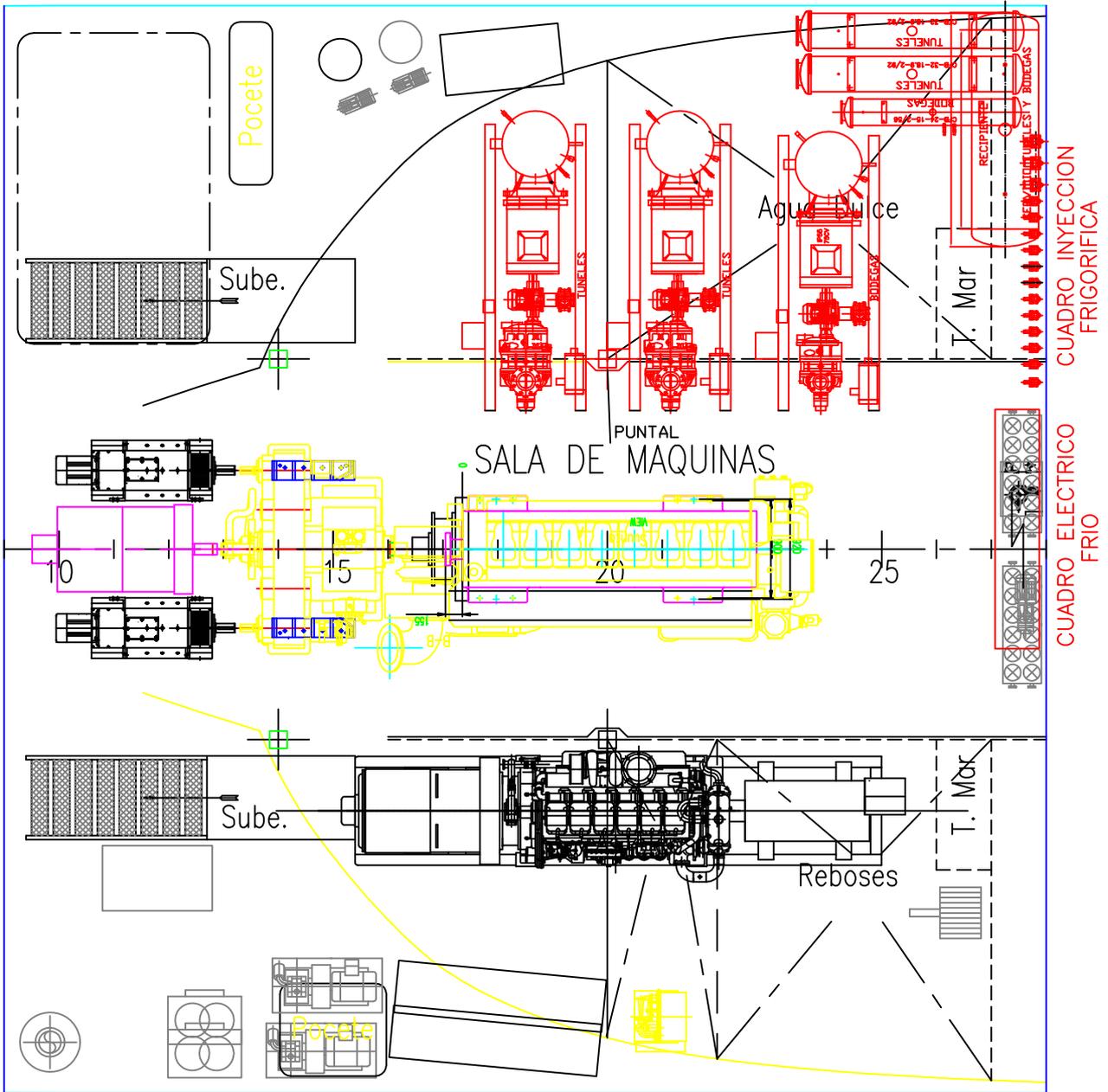


CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES:

ESLORA ENTRE PERPENDICULARES	42'00 m
ESLORA EN LA FLOTACIÓN	43'60 m
ESLORA TOTAL	50'50 m
MANGA DE TRAZADO	10'00 m
PUNTA A LA CUB. PRINCIPAL	4'05 m
PUNTA A LA CUB. SUPERIOR	6'60 m
CALADO DE TRAZADO	3'50 m

PROYECTO FIN DE CARRERA
NÚMERO: 770411A052

E.T.S. DE NÁUTICA Y MÁQUINAS		TRABAJO FIN DE CARRERA NÚMERO:	
INGENIERÍA MARINA - MANTENIMIENTO E INSTALACIONES		TFG/GEM/M-21-14	
TRABAJO FIN DE CARRERA NÚMERO:			
INSTALACIÓN FRIGORÍFICA EN ARRASTRERO CONGELADOR			
TÍTULO DEL PLANO:		FECHA: 30-07-2014	
DISPOSICIÓN GENERAL		ESCALA: 1:200	
AUTOR:		FIRMA:	
FRANCISCO JAVIER TRILLO VIDAL			
		PLANO N.º: 1	



E.T.S. DE NÁUTICA Y MÁQUINAS
INGENIERÍA MARINA - MANTENIMIENTO E INSTALACIONES

TRABAJO FIN DE CARRERA NÚMERO:
TFG/GEM/M-21-14

TRABAJO FIN DE CARRERA NÚMERO:

INSTALACIÓN FRIGORÍFICA EN ARRASTRERO CONGELADOR

TÍTULO DEL PLANO:
DISPOSICIÓN DE SALA DE MÁQUINAS

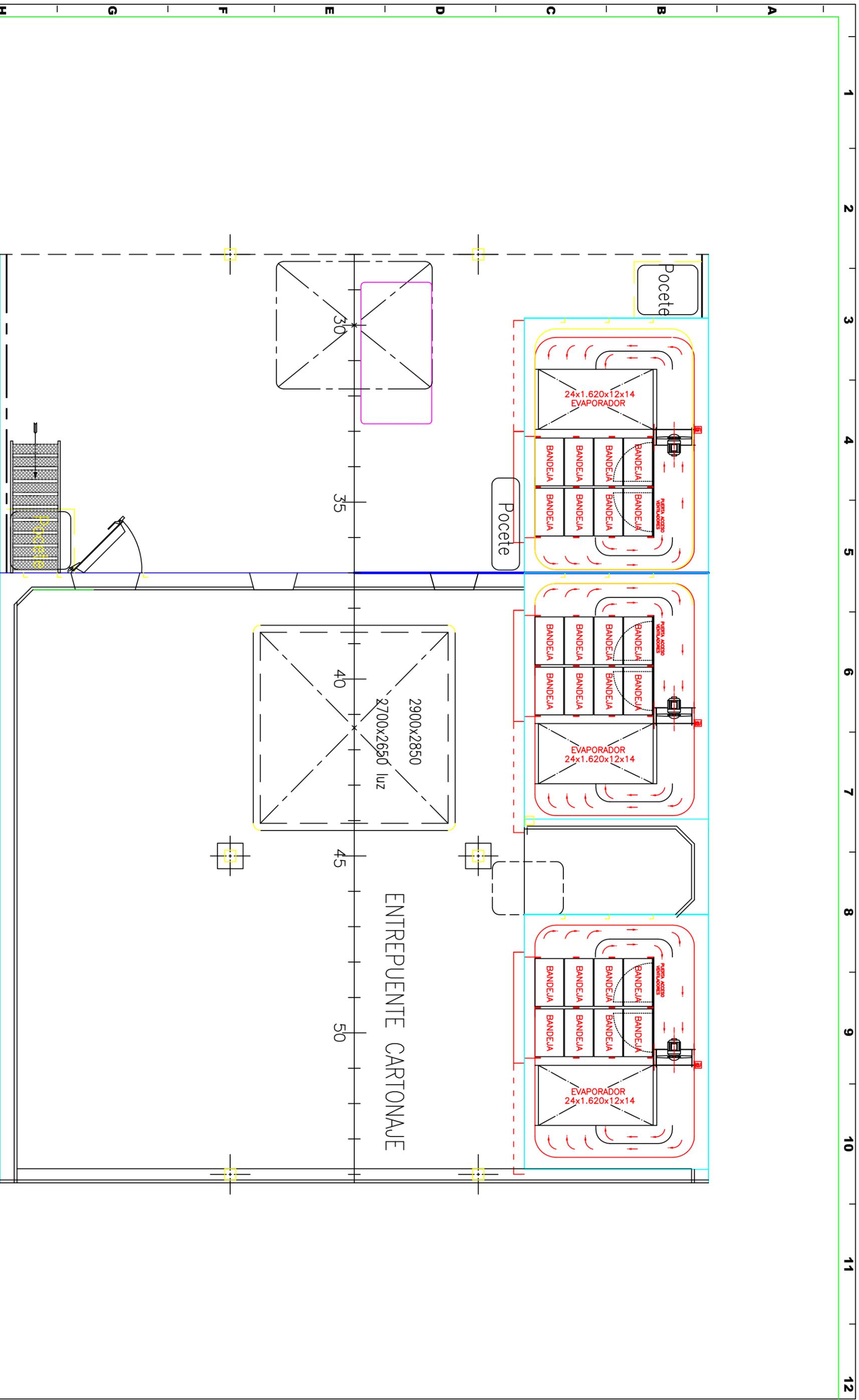
FECHA: 06-08-2014

ESCALA: 1:60

AUTOR:
FRANCISCO JAVIER TRILLO VIDAL

FIRMA:

PLANO Nº: 2



E.T.S. DE NÁUTICA Y MÁQUINAS
 INGENIERÍA MARINA - MANTENIMIENTO E INSTALACIONES
 TFG/GEM/M-21-14

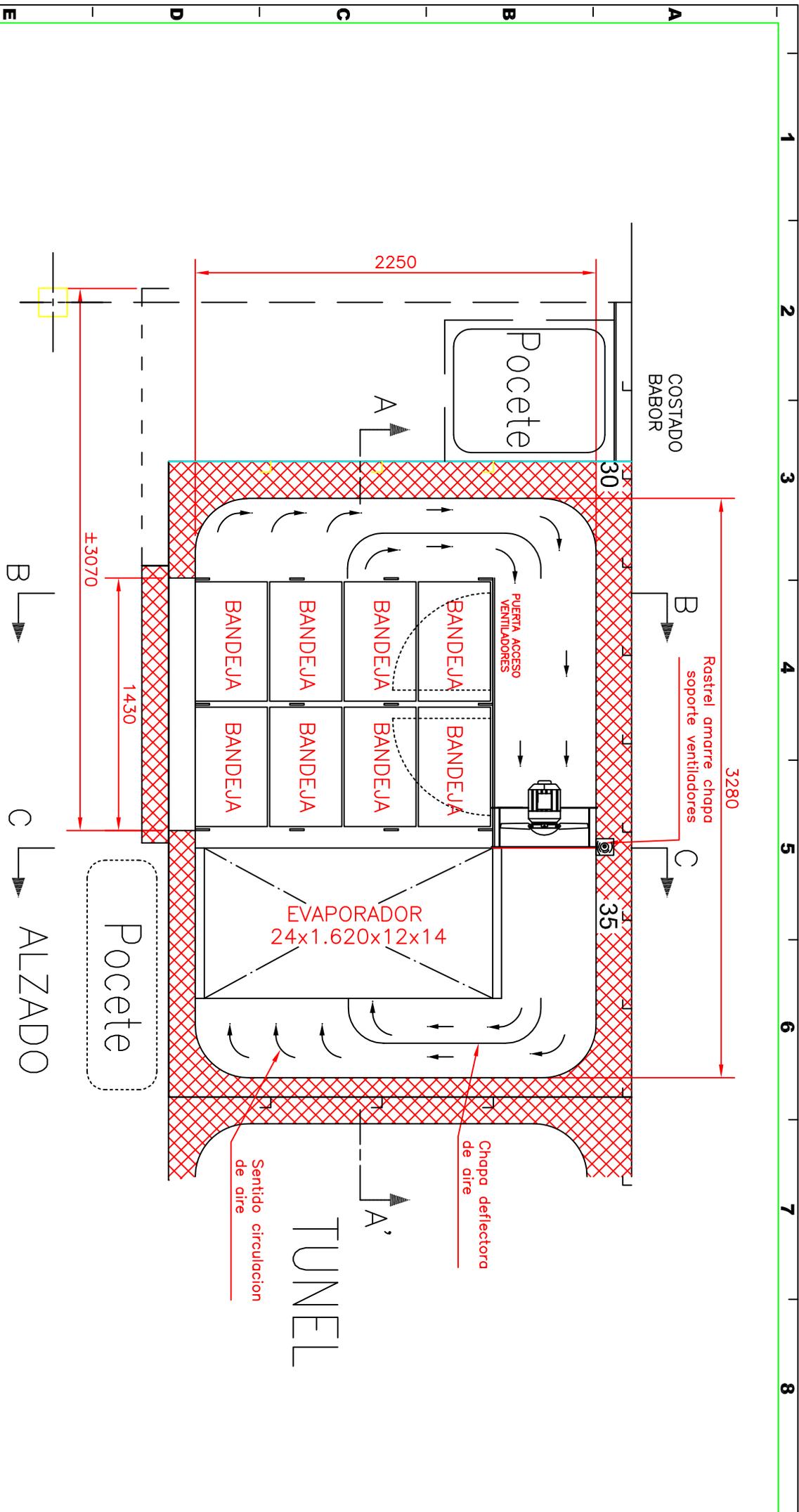
TRABAJO FIN DE CARRERA NÚMERO:
 TRABAJO FIN DE CARRERA NÚMERO:
INSTALACIÓN FRIGORÍFICA EN ARRASTRO CONGELADOR

TÍTULO DEL PLANO:
DISPOSICIÓN DE TÚNELES

FECHA: 06-08-2014
 ESCALA: 1:50
 PLANO Nº: 3 (Página 1 de 6)

AUTOR:
 FRANCISCO JAVIER TRILLO VIDAL

FRUIC:



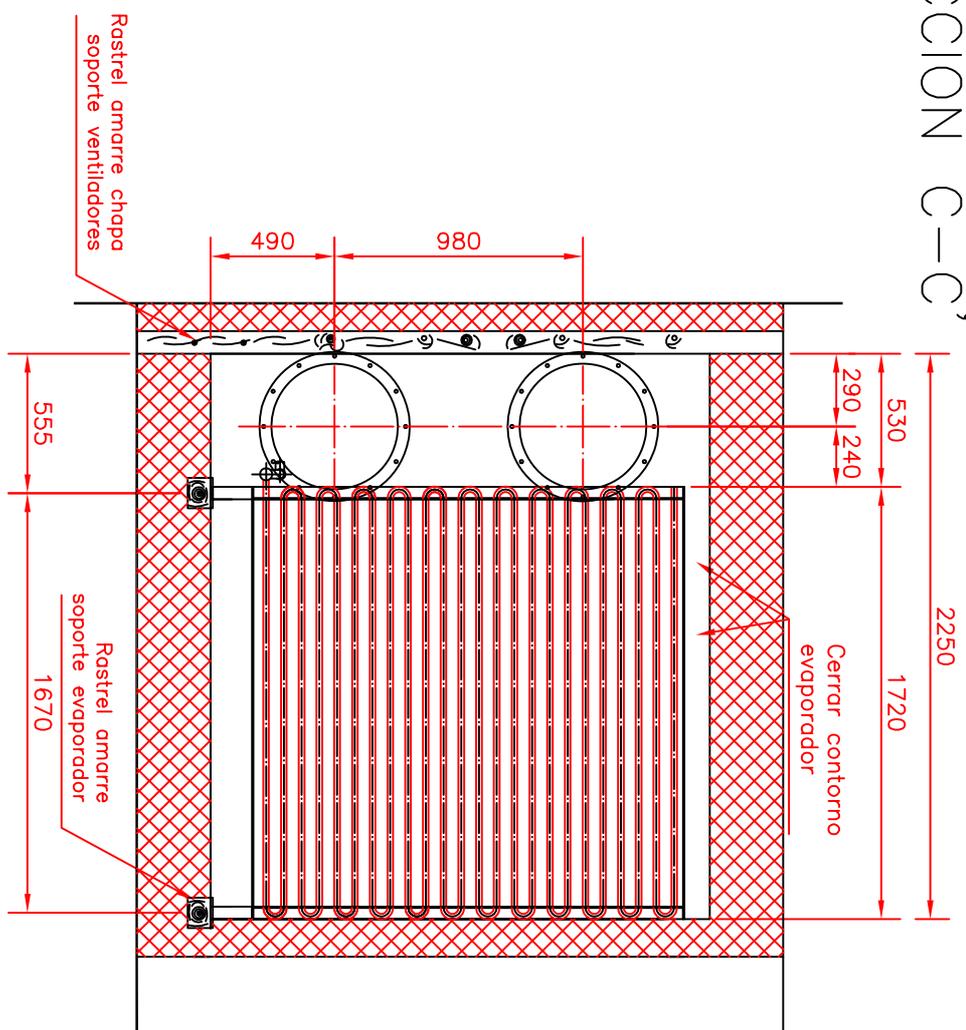
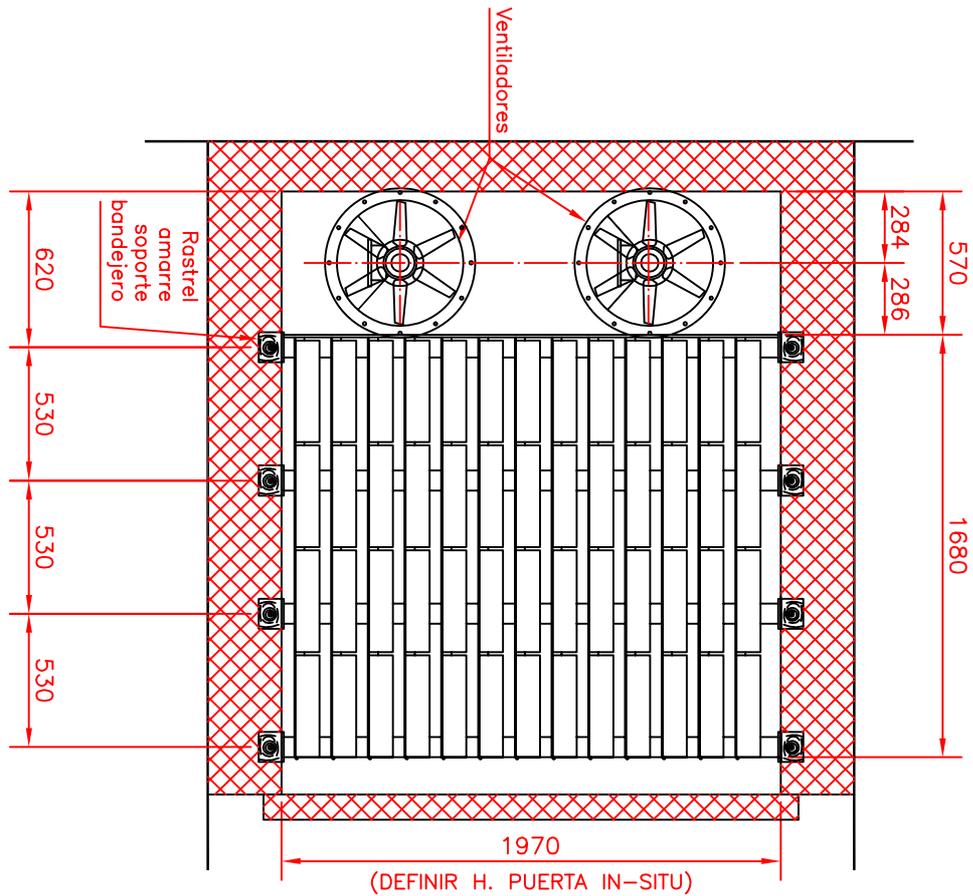
E.T.S. DE NÁUTICA Y MÁQUINAS
INGENIERIA MARINA - MANTENIMIENTO E INSTALACIONES
 TRABAJO FIN DE CARRERA NÚMERO:
INSTALACIÓN FRIGORÍFICA EN ARRASTRERO CONGELADOR
 TRABAJO FIN DE CARRERA NÚMERO:
TFG/GEM/M-21-14

TÍTULO DEL PLANO:
DISPOSICIÓN DE TÚNELES
 AUTOR:
FRANCISCO JAVIER TRILLO VIDAL
 FECHA: 06-08-2014
 ESCALA: 1:30
 PLANO Nº: 3 (Página 2 de 5)

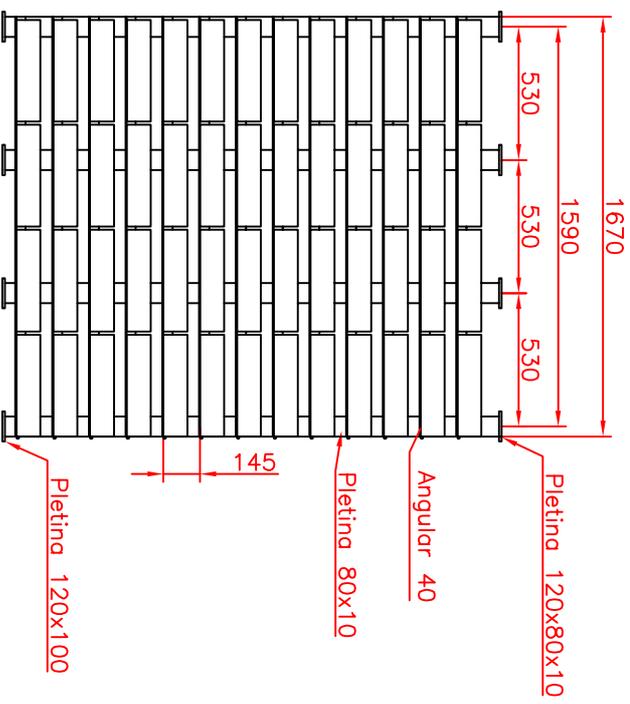
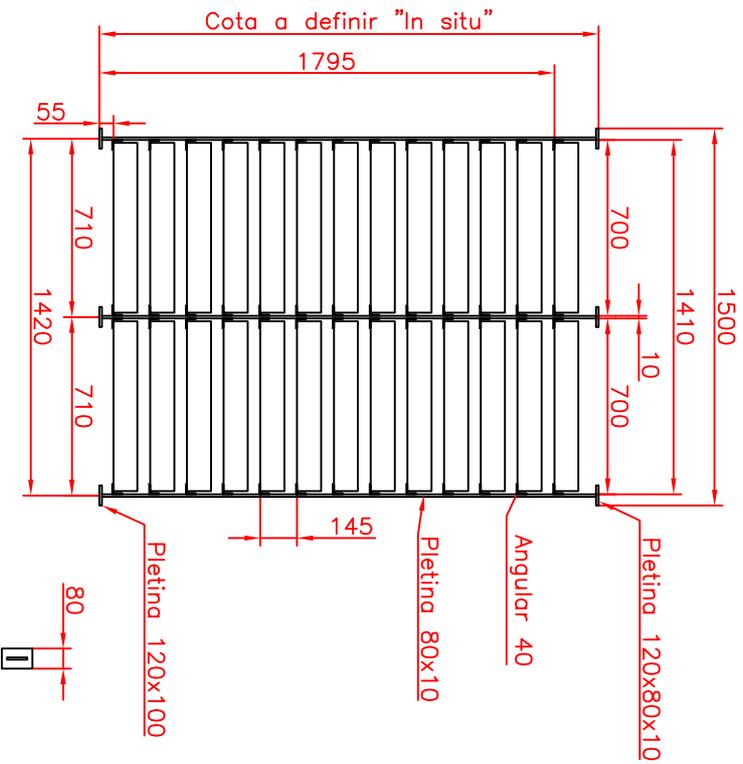
1 2 3 4 5 6 7 8

SECCION B-B'

SECCION C-C'

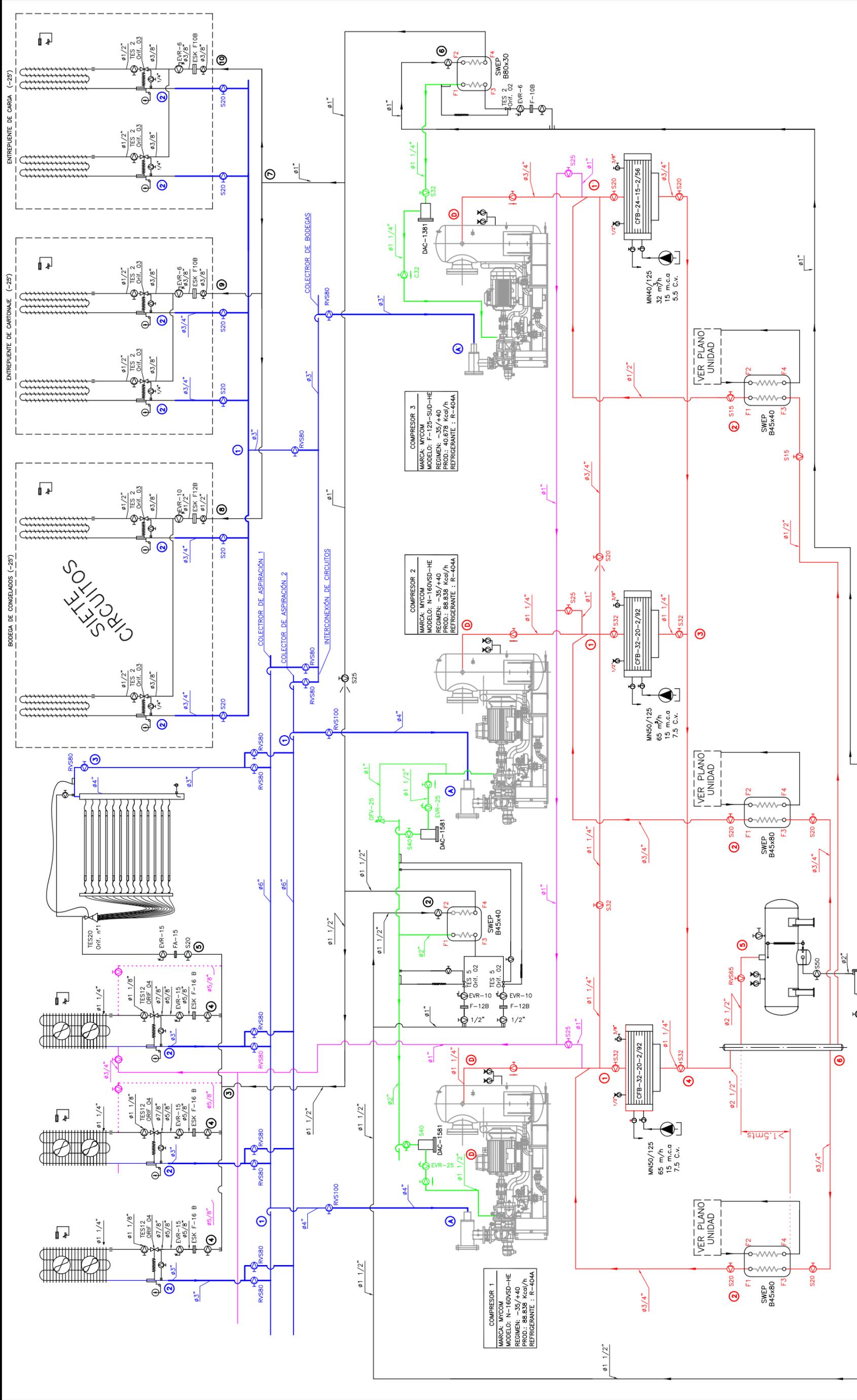


E.T.S. DE NÁUTICA Y MÁQUINAS INGENIERIA MARINA - MANTENIMIENTO E INSTALACIONES		TRABAJO FIN DE CARRERA NÚMERO: TFG/GEM/M-21-14	
TRABAJO FIN DE CARRERA NÚMERO: INSTALACIÓN FRIGORÍFICA EN ARRASTRERO CONGELADOR			
TÍTULO DEL PLANO: DISPOSICIÓN DE TÚNELES		FECHA: 06-08-2014 ESCALA: 1:30	
AUTOR: FRANCISCO JAVIER TRILLO VIDAL	FIRMA:	PLANO N.º: 3 (Página 4 de 5)	



104 bandejas de 675x405x95

E.T.S. DE NÁUTICA Y MÁQUINAS		TRABAJO FIN DE CARRERA NÚMERO:
INGENIERÍA MARINA - MANTENIMIENTO E INSTALACIONES		TFG/GEM/M-21-14
TRABAJO FIN DE CARRERA NÚMERO:		
INSTALACIÓN FRIGORÍFICA EN ARRASTRERO CONGELADOR		
TÍTULO DEL PLANO:		
DISPOSICIÓN DE TÚNELES		
AUTOR:	FIRMA:	FECHA: 06-08-2014
FRANCISCO JAVIER TRILLO VIDAL		ESCALA: 1:30
		PLANO Nº: 3 (página 5 de 5)



TRABAJO FIN DE CARRERA NÚMERO: **TFG/GEM/M-21-14**

E.T.S. DE NAÚTICA Y MÁQUINAS

INGENIERÍA MARINA - MANTENIMIENTO E INSTALACIONES

TRABAJO FIN DE CARRERA NÚMERO:

INSTALACIÓN FRIGORÍFICA EN ARRASTRERO CONGELADOR

TÍTULO DEL PLANO: **ESQUEMA FRIGORÍFICO**

FECHA: 07-08-2014

ESCALA: SE

AUTOR: **FRANCISCO JAVIER TRILLO VIDAL**

FIRMA:

PLANO N.º: 4

COMPRESOR 1
 MARCA: MYCOM
 MODELO: N-160VSD-HE
 REGIMEN: -35/+40
 PROD.: 88.838 Kcal/h
 REFRIGERANTE: R-404A

COMPRESOR 2
 MARCA: MYCOM
 MODELO: N-160VSD-HE
 REGIMEN: -35/+40
 PROD.: 88.838 Kcal/h
 REFRIGERANTE: R-404A

COMPRESOR 3
 MARCA: MYCOM
 MODELO: F-125-SUD-HE
 REGIMEN: -35/+40
 PROD.: 40.678 Kcal/h
 REFRIGERANTE: R-404A

CONDENSADORES:
 MNS50/125 (65 m³/h, 15 m.c.a, 7.5 C.V.)
 MNS40/125 (32 m³/h, 15 m.c.a, 5.5 C.V.)
 CFB-32-20-2/92
 CFB-24-15-2/56

EVAPORADORES:
 EVR-15 (FA-15)
 EVR-10 (ESK F12B)
 EVR-6 (ESK F10B)

VALVULAS Y COMPONENTES:
 S20, S25, S40, S50, S52, S225, S15, S125, S32, S325, S320, S322, S324, S326, S328, S330, S332, S334, S336, S338, S340, S342, S344, S346, S348, S350, S352, S354, S356, S358, S360, S362, S364, S366, S368, S370, S372, S374, S376, S378, S380, S382, S384, S386, S388, S390, S392, S394, S396, S398, S400, S402, S404, S406, S408, S410, S412, S414, S416, S418, S420, S422, S424, S426, S428, S430, S432, S434, S436, S438, S440, S442, S444, S446, S448, S450, S452, S454, S456, S458, S460, S462, S464, S466, S468, S470, S472, S474, S476, S478, S480, S482, S484, S486, S488, S490, S492, S494, S496, S498, S500, S502, S504, S506, S508, S510, S512, S514, S516, S518, S520, S522, S524, S526, S528, S530, S532, S534, S536, S538, S540, S542, S544, S546, S548, S550, S552, S554, S556, S558, S560, S562, S564, S566, S568, S570, S572, S574, S576, S578, S580, S582, S584, S586, S588, S590, S592, S594, S596, S598, S600, S602, S604, S606, S608, S610, S612, S614, S616, S618, S620, S622, S624, S626, S628, S630, S632, S634, S636, S638, S640, S642, S644, S646, S648, S650, S652, S654, S656, S658, S660, S662, S664, S666, S668, S670, S672, S674, S676, S678, S680, S682, S684, S686, S688, S690, S692, S694, S696, S698, S700, S702, S704, S706, S708, S710, S712, S714, S716, S718, S720, S722, S724, S726, S728, S730, S732, S734, S736, S738, S740, S742, S744, S746, S748, S750, S752, S754, S756, S758, S760, S762, S764, S766, S768, S770, S772, S774, S776, S778, S780, S782, S784, S786, S788, S790, S792, S794, S796, S798, S800, S802, S804, S806, S808, S810, S812, S814, S816, S818, S820, S822, S824, S826, S828, S830, S832, S834, S836, S838, S840, S842, S844, S846, S848, S850, S852, S854, S856, S858, S860, S862, S864, S866, S868, S870, S872, S874, S876, S878, S880, S882, S884, S886, S888, S890, S892, S894, S896, S898, S900, S902, S904, S906, S908, S910, S912, S914, S916, S918, S920, S922, S924, S926, S928, S930, S932, S934, S936, S938, S940, S942, S944, S946, S948, S950, S952, S954, S956, S958, S960, S962, S964, S966, S968, S970, S972, S974, S976, S978, S980, S982, S984, S986, S988, S990, S992, S994, S996, S998, S1000.

- TUBERÍA DE ASPIRACIÓN
- TUBERÍA DE DESCARGA
- TUBERÍA DE LÍQUIDO
- TUBERÍA GAS CALIENTE
- TUBERÍA ASPIRACIÓN ECO

CUADRO ELECTRICO INSTALACION FRIGORIFICA PRINCIPAL

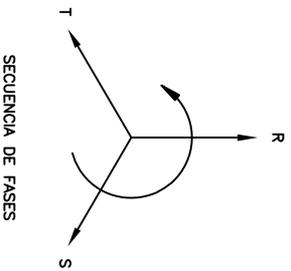
E.T.S. DE NAUTICA Y MAQUINAS		TRABAJO FIN DE CARRERA NÚMERO:
INGENIERIA MARINA - MANTENIMIENTO E INSTALACIONES		TFG/GEMIM-21-14
TRABAJO FIN DE CARRERA NÚMERO:		
INSTALACIÓN FRIGORÍFICA EN ARRASTRERO CONGELADOR		
TÍTULO DEL PLANO:		
ESQUEMA ELECTRICO		FECHA: 07-08-2014
AUTOR:		ESCALA: SE
FRANCISCO JAVIER TRILLO VIDAL		PLANO Nº: 5 (Página 1 de 27)

CONDICIONES DE REPRESENTACION DE ESQUEMAS

- TODOS LOS CIRCUITOS DE C.A. SIN TENSION
- INTERRUPTORES ABIERTOS
- CONTACTORES Y RELES DESECCIONADOS
- PUSADORES SIN ACTUAR
- PLC SIN ACTUAR

NOMENCLATURA DE BORNAS Y RELES

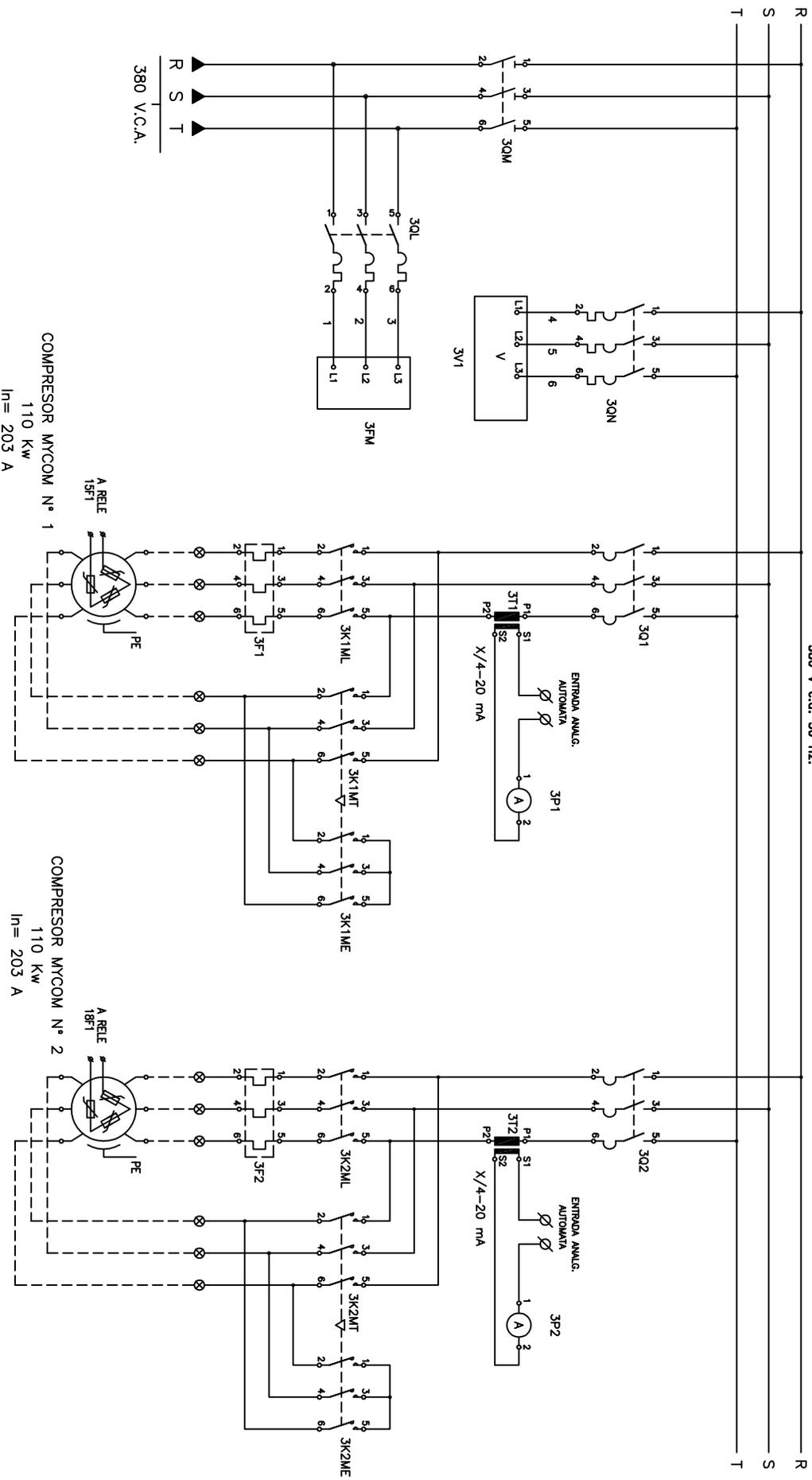
- ⊗ U.V.V - BORNAS DE POTENCIA
- ∅ -X - BORNAS DE CONTROL
- E - TERMOSTATO AMBIENTE
- E - VENTILADOR
- K - CONTACTORES Y RELES AUXILIARES
- VS - SOLENOIDE
- Q - SECCIONADOR
- Q - INTERRUPTOR MAGNETOTERMICO
- Q - INTERRUPTOR MAGNETICO
- K - CONTACTO DE POTENCIA CONTACTOR
- S - CONMUTADOR SELECTOR
- S - PULSADOR CONTACTO CERRADO
- T - TRANSFORMADOR DE INTENSIDAD
- U - CONVERTIDOR RECTIFICADOR



E.T.S. DE NAUTICA Y MAQUINAS		TRABAJO FIN DE CARRERA NÚMERO:	
INGENIERIA MARINA - MANTENIMIENTO E INSTALACIONES		TFG/GEMM-21-14	
TRABAJO FIN DE CARRERA NÚMERO:			
INSTALACIÓN FRIGORÍFICA EN ARRASTRERO CONGELADOR			
TÍTULO DEL PLANO:			
ESQUEMA ELECTRICO		FECHA: 07-08-2014	
AUTOR:		ESCALA: SIE	
FRANCISCO JAVIER TRILLO VIDAL		PLANO Nº: 6 (Página 2 de 27)	

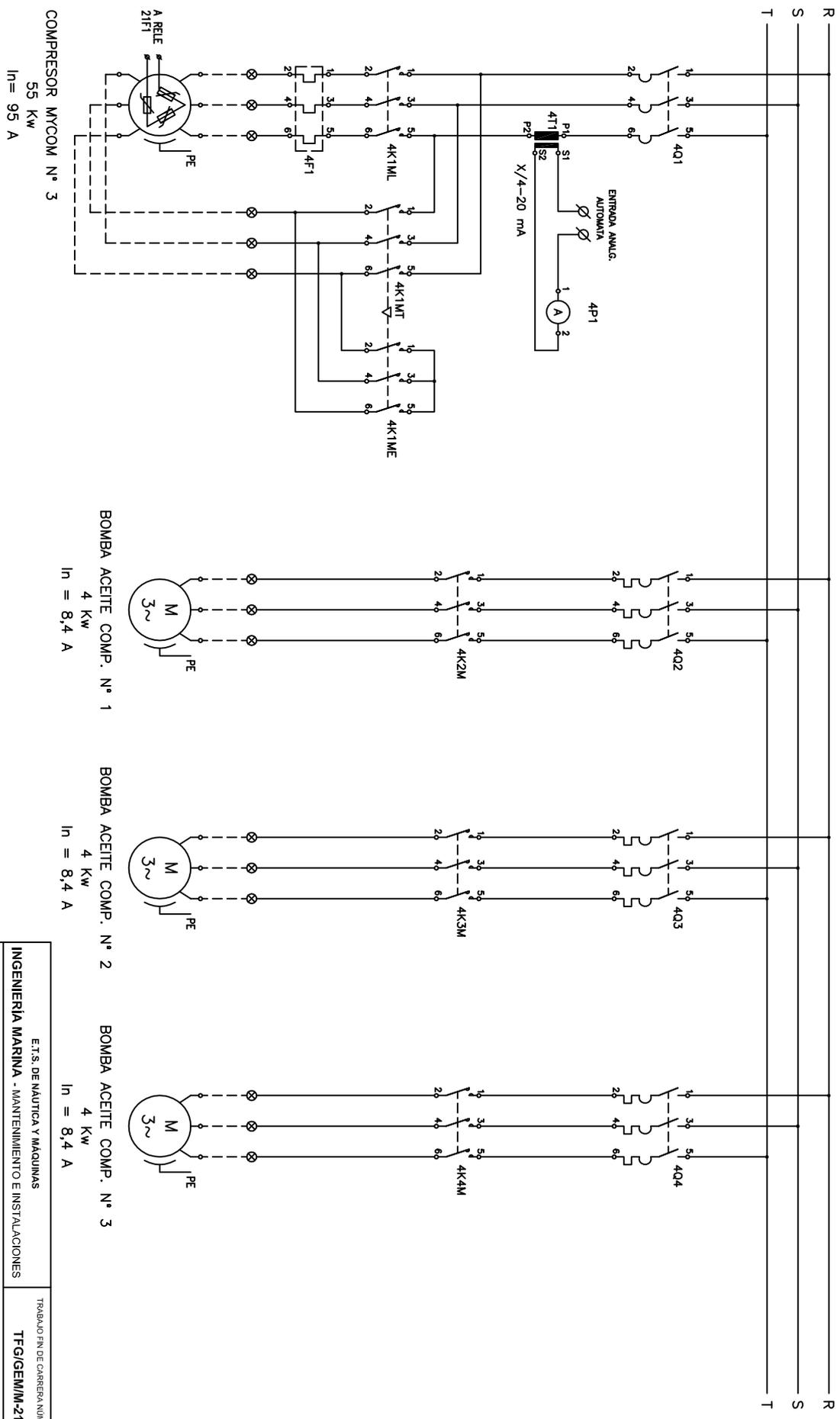
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
ACOMENTIDA, MEDIDA Y PROTECCION 380 V c.a.							COMPRESOR MYCOM N° 1 (110 Kw)					COMPRESOR MYCOM N° 2 (110 Kw)						

380 V c.a. 50 Hz.



E.T.S. DE NAUTICA Y MAQUINAS		TRABAJO FIN DE CARRERA NUMERO	
INGENIERIA MARINA - MANTENIMIENTO E INSTALACIONES		TFG/GEMM-21-14	
TRABAJO FIN DE CARRERA NUMERO:			
INSTALACION FRIGORIFICA EN ARRASTREDO CONGELADOR			
TITULO DEL PLANO:		FECHA: 07-08-2014	
ESQUEMA ELECTRICO		ESCALA: 1:1	
AUTOR:		FIRMA:	
FRANCISCO JAVIER TRILLO VIDAL		PLANO Nº: 5 (Pagina 3 de 27)	

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
COMPRESOR MYCOM N° 3 (55 Kw)							BOMBA DE ACEITE COMPRESOR N° 1			BOMBA DE ACEITE COMPRESOR N° 2			BOMBA DE ACEITE COMPRESOR N° 3					



COMPRESOR MYCOM N° 3
55 Kw
In= 95 A

BOMBA ACEITE COMP. N° 1
4 Kw
In = 8,4 A

BOMBA ACEITE COMP. N° 2
4 Kw
In = 8,4 A

BOMBA ACEITE COMP. N° 3
4 Kw
In = 8,4 A

E.T.S. DE NAÚTICA Y MÁQUINAS
INGENIERIA MARINA - MANTENIMIENTO E INSTALACIONES

TRABAJO FIN DE CARRERA NUMERO:
TFG/GEMM-21-14

TRABAJO FIN DE CARRERA NUMERO:
TFG/GEMM-21-14

INSTALACIÓN FRIGORÍFICA EN ARRASTRERO CONGELADOR

TTULO DEL PLANO:
ESQUEMA ELECTRICO

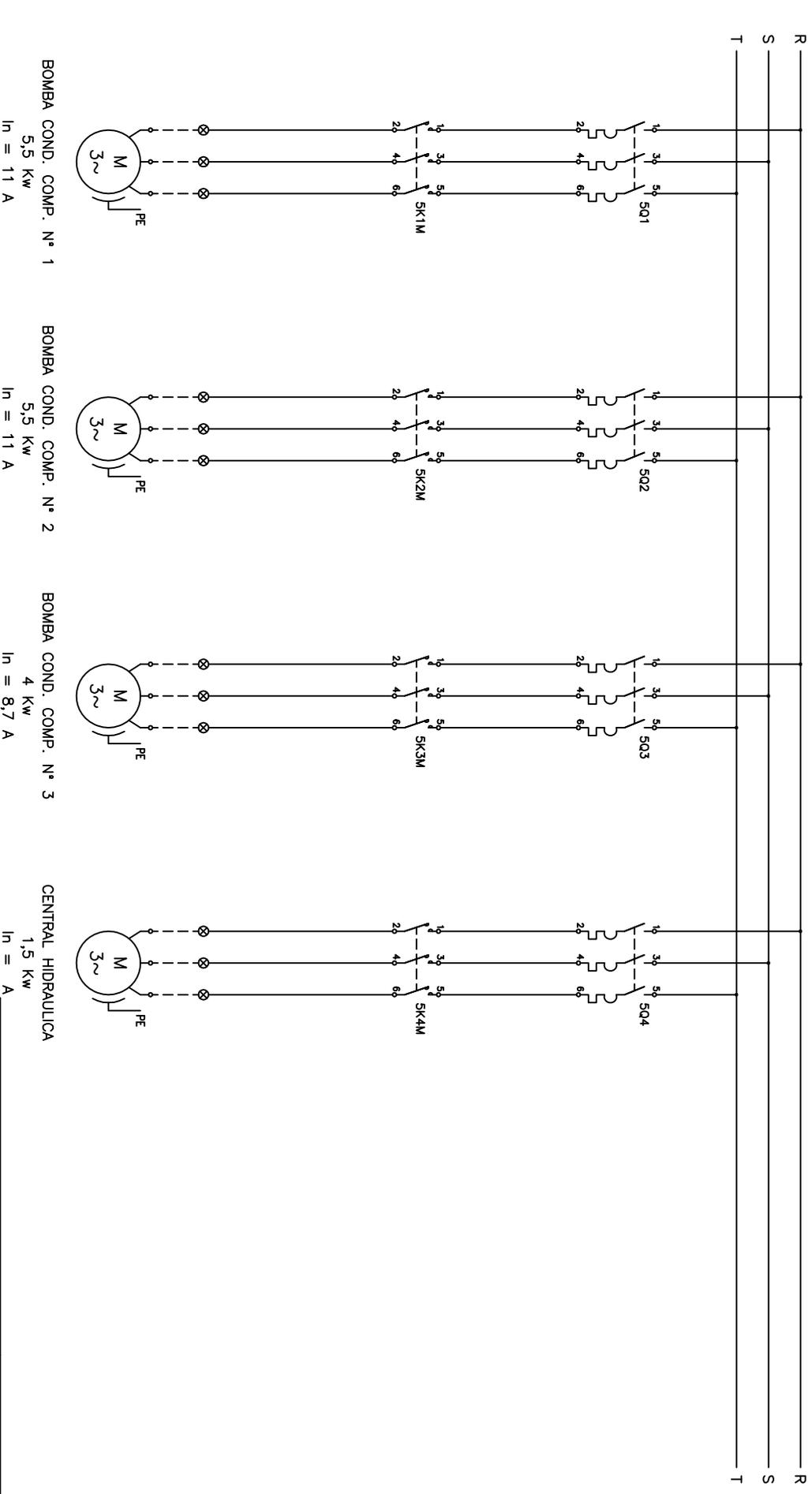
FECHA: 07-28-2014
ESCALA: SIE

AUTOR:
FRANCISCO JAVIER TRILLO VIDAL

FIRMA:

PLANO N.º: 5 (Página 4 de 27)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
BOMBA DE AGUA CONDENSADOR COMPRESOR N° 1				BOMBA DE AGUA CONDENSADOR COMPRESOR N° 2				BOMBA DE AGUA CONDENSADOR COMPRESOR N° 3				CENTRAL HIDRAULICA ARMARIO DE CONGELACION						



BOMBA COND. COMP. N° 1
5,5 Kw
In = 11 A

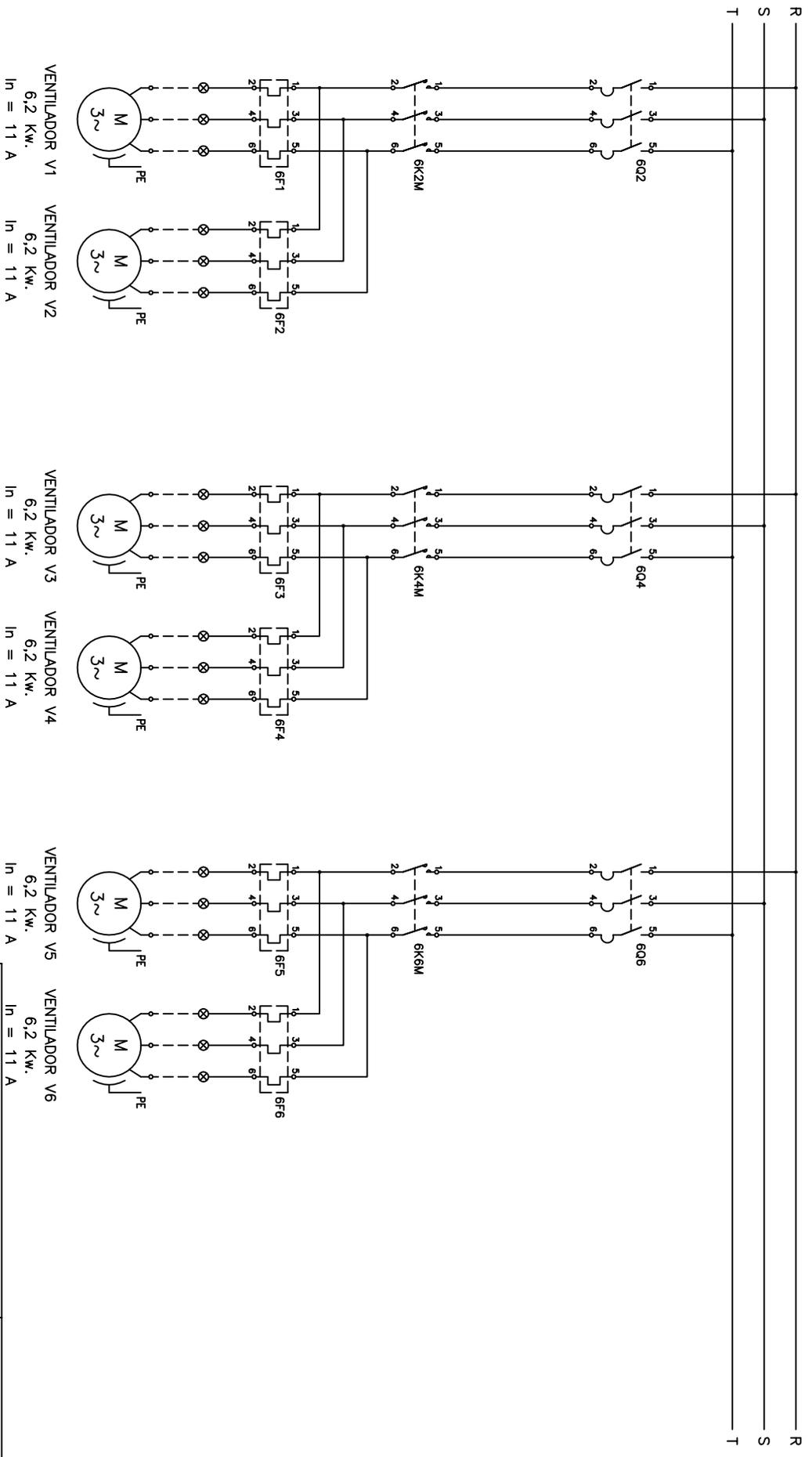
BOMBA COND. COMP. N° 2
5,5 Kw
In = 11 A

BOMBA COND. COMP. N° 3
4 Kw
In = 8,7 A

CENTRAL HIDRAULICA
1,5 Kw
In = A

E.T.S. DE NAUTICA Y MAQUINAS		TRABAJO FIN DE CARRERA NÚMERO:	
INGENIERIA MARINA - MANTENIMIENTO E INSTALACIONES		TFG/GEM/M-21-14	
TRABAJO FIN DE CARRERA NÚMERO:			
INSTALACION FRIGORIFICA EN ARRASTRERO CONGELADOR			
TITULO DEL PLANO:		FECHA: 07-08-2014	
ESQUEMA ELECTRICO		ESCALA: SIE	
AUTOR:		FRMA:	
FRANCISCO JAVIER TRILLO VIDAL			
		PLANO N°: 5 (Pagina 5 de 27)	

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
VENTILADORES TUNEL N° 1						VENTILADORES TUNEL N° 2						VENTILADORES TUNEL N° 3						



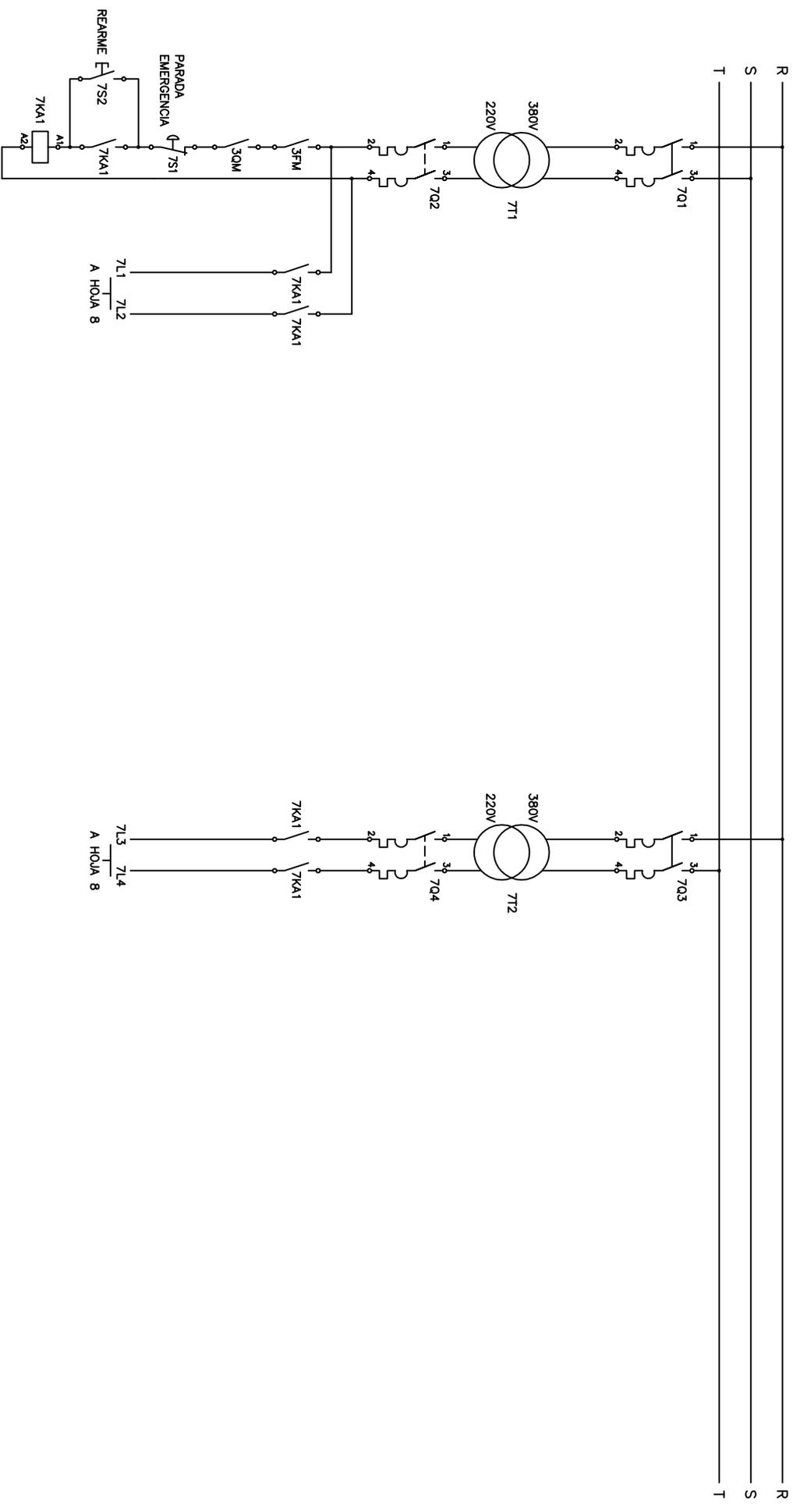
E.T.S. DE NAUTICA Y MAQUINAS
INGENIERIA MARINA - MANTENIMIENTO E INSTALACIONES
 TRABAJO FIN DE CARRERA NUMERO: **TFG/GEM/MM-21-14**

INSTALACION FRIGORIFICA EN ARRASTRERO CONGELADOR
 TITULO DEL PLANO:
ESQUEMA ELECTRICO
 FECHA: 07-08-2014
 ESCALA: SE
 AUTOR:
FRANCISCO JAVIER TRILLO VIDAL
 FIRMA:
 PLANO N°: 5 (Página 6 de 27)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

ALIMENTACION MANIOBRA Y ELEMENTOS MONOFASICOS

ALIMENTACION RESISTENCIAS MONOFASICAS

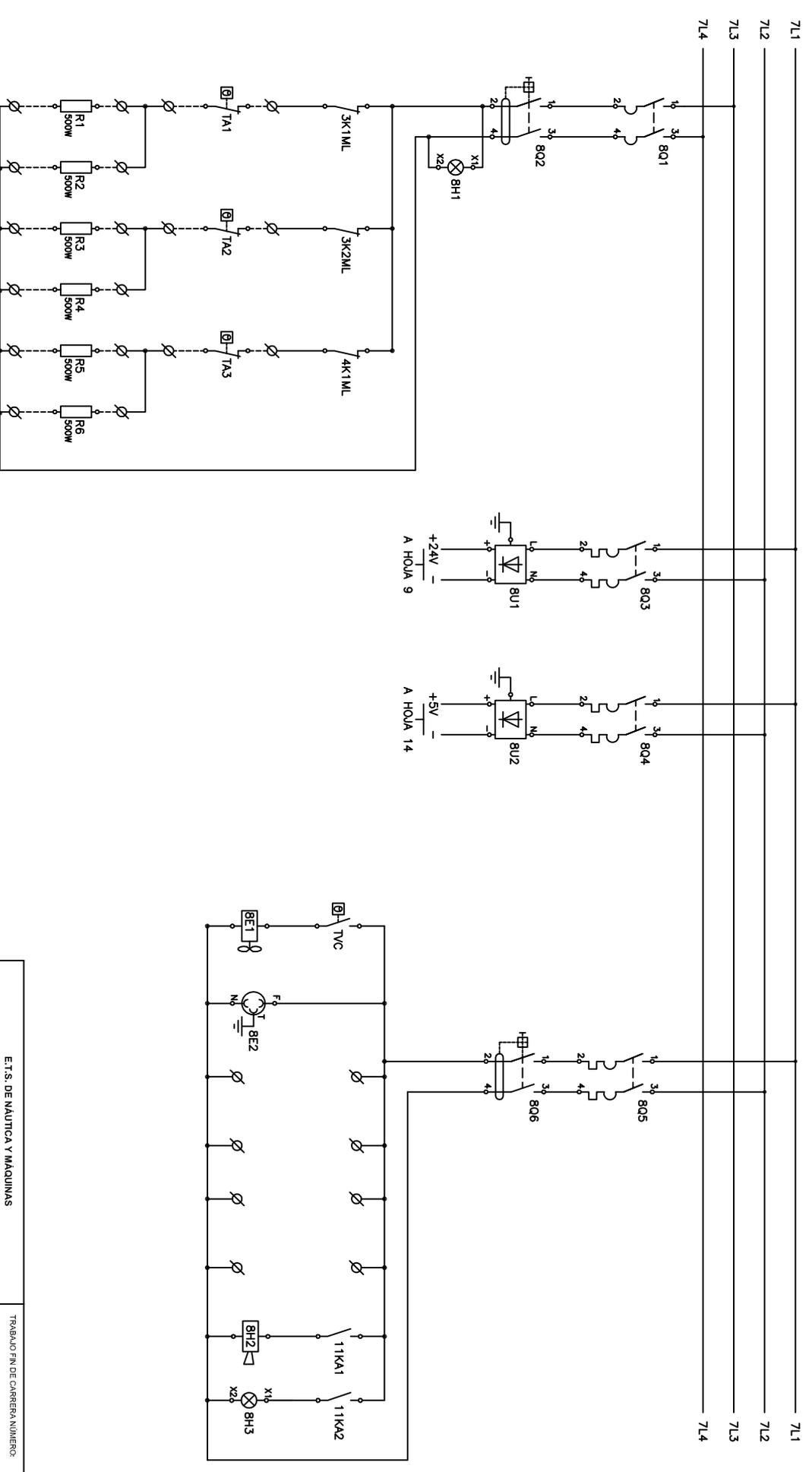


E.T.S. DE NÁUTICA Y MÁQUINAS
INGENIERIA MARINA - MANTENIMIENTO E INSTALACIONES
 TRABAJO FIN DE CARRERA NÚMERO: **TFG/GEM/M-21-14**

INSTALACIÓN FRIGORÍFICA EN ARRASTRERO CONGELADOR

TÍTULO DEL PLANO: **ESQUEMA ELECTRICO**
 FECHA: 07-08-2014
 ESCALA: S/E
 AUTOR: **FRANCISCO JAVIER TRILLO VIDAL**
 FIRMA:
 PLANO N.º: 5 (Página 7 de 27)

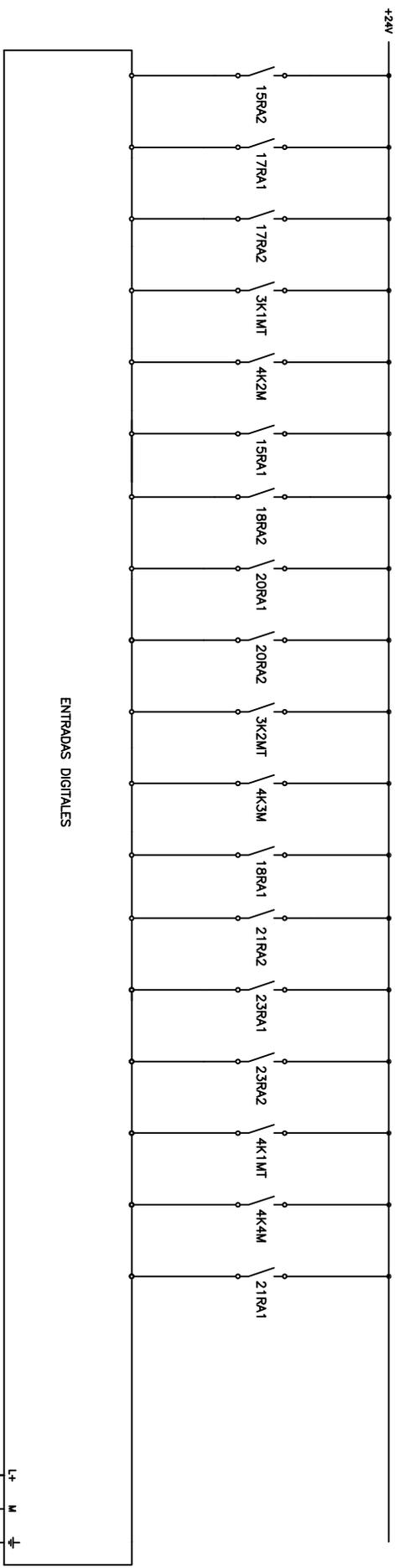
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	
RESISTENCIAS DE CALDEO ACEITE COMPRESORES							ALIMENTACION +24 V			ALIMENTACION +5 V			ALIMENTACION VENTILACION CUADRO, TOMA DE CORRIENTE, REGISTRADOR, VARIOS Y ALARMA						



E.T.S. DE NAUTICA Y MAQUINAS		TRABAJO FIN DE CARRERA NUMERO	
INGENIERIA MARINA - MANTENIMIENTO E INSTALACIONES		TFG/GEM/M-21-14	
TRABAJO FIN DE CARRERA NUMERO:			
INSTALACION FRIGORIFICA EN ARRASTRO CONGELADOR			
TITULO DEL PLANO:			
ESQUEMA ELECTRICO			
FECHA: 07-08-2014		ESCALA: SE	
AUTOR:		FIRMA:	
FRANCISCO JAVIER TRILLO VIDAL			
PLANO No. 5 (pagina 8 de 27)			

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

COMPRESOR N° 1						COMPRESOR N° 2						COMPRESOR N° 3			ALIMENTACION	
AUTOMATICO	CAPACIDAD MINIMA	CAPACIDAD MAXIMA	MARCHA COMPRESOR	MARCHA BBA. AGENTE	ALARMA	CAPACIDAD MINIMA	CAPACIDAD MAXIMA	MARCHA COMPRESOR	MARCHA BBA. AGENTE	ALARMA	AUTOMATICO	CAPACIDAD MINIMA	CAPACIDAD MAXIMA	MARCHA COMPRESOR		MARCHA BBA. AGENTE



ENTRADAS DIGITALES

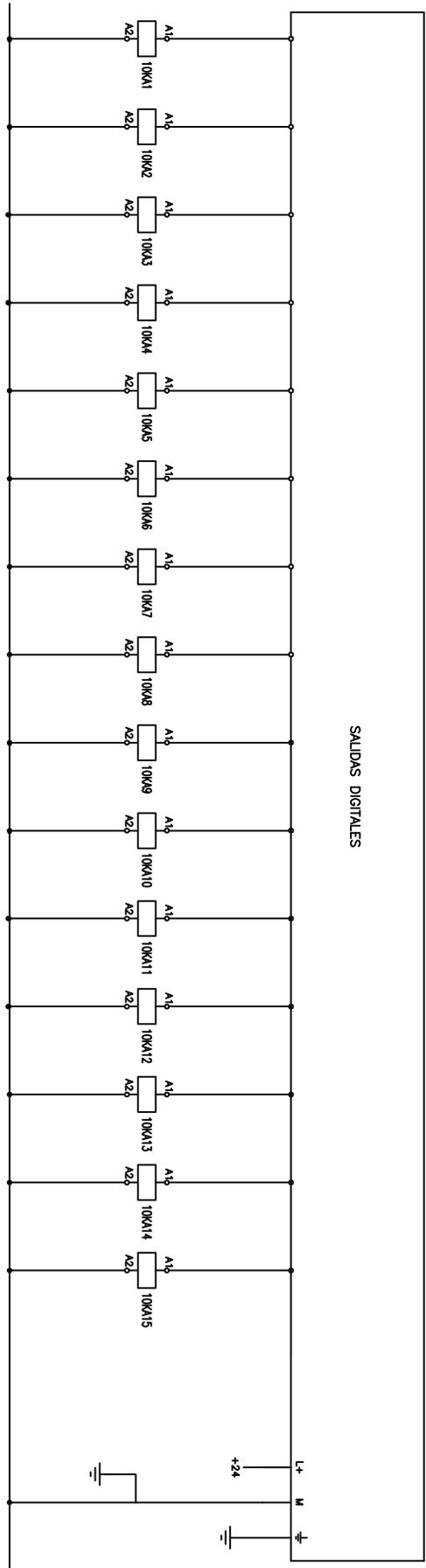
E.T.S. DE NAUTICA Y MAQUINAS		TRABAJO FIN DE CARRERA NUMERO:
INGENIERIA MARINA - MANTENIMIENTO E INSTALACIONES		TFG/GEM/M-21-14
TRABAJO FIN DE CARRERA NUMERO:		
INSTALACIÓN FRIGORÍFICA EN ARRASTREO CONGELADOR		
TITULO DEL PLANO:		
ESQUEMA ELECTRICO		FECHA: 07-06-2014
AUTOR:		ESCALA: SE
FRANCISCO JAVIER TRILLO VIDAL		PLANO N° 5 (Página 9 de 27)

AUTOR:		FECHA:
FRANCISCO JAVIER TRILLO VIDAL		07-06-2014
TITULO DEL PLANO:		ESCALA:
ESQUEMA ELECTRICO		SE
AUTOR:		PLANO N° 5 (Página 9 de 27)
FRANCISCO JAVIER TRILLO VIDAL		

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

COMPRESOR N° 1										COMPRESOR N° 2					COMPRESOR N° 3				ALIMENTACION SD
MARCHA COMPRESOR	SOLENOIDES + CAPACIDAD	SOLENOIDES - CAPACIDAD	SOLENOIDE INYECCION ECO	MARCHA BOMBA ACEITE	MARCHA COMPRESOR	SOLENOIDES + CAPACIDAD	SOLENOIDES - CAPACIDAD	SOLENOIDE INYECCION ECO	MARCHA BOMBA ACEITE	MARCHA COMPRESOR	SOLENOIDES + CAPACIDAD	SOLENOIDES - CAPACIDAD	SOLENOIDE INYECCION ECO	MARCHA BOMBA ACEITE					

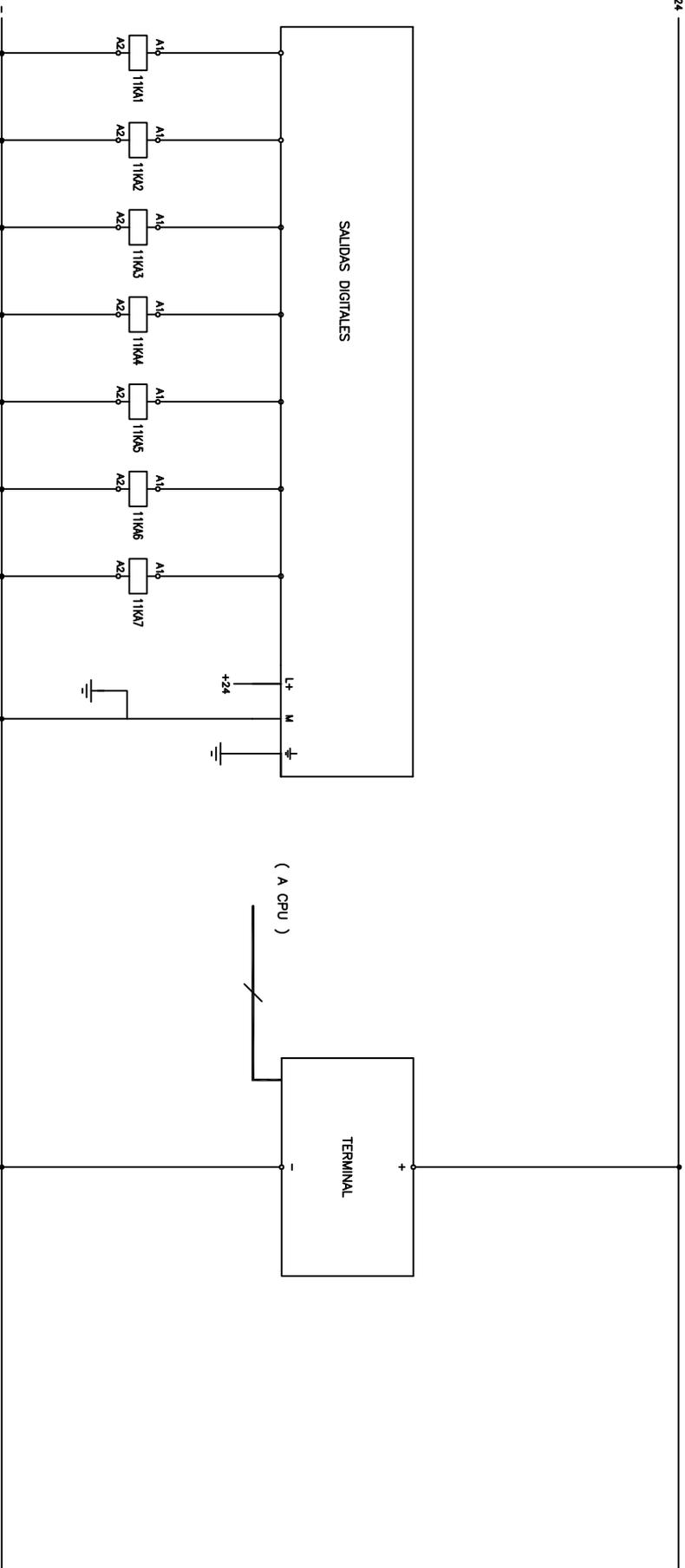
+24



E.T.S. DE MAUTICA Y MAQUINAS		TRABAJO FIN DE CARRERA NUMERO:
INGENIERIA MARINA - MANTENIMIENTO E INSTALACIONES		TFG/GEM/M-21-14
TRABAJO FIN DE CARRERA NUMERO:		
INSTALACION FRIGORIFICA EN ARRASTRERO CONGELADOR		
TITULO DEL PLANO:		
ESQUEMA ELECTRICO		
FECHA: 07-08-2014		
ESCALA: SE		
AUTOR:		
FRANCISCO JAVIER TRILLO VIDAL		
FRMA:		
PLANO N°: 5 (Pagina 10 de 27)		

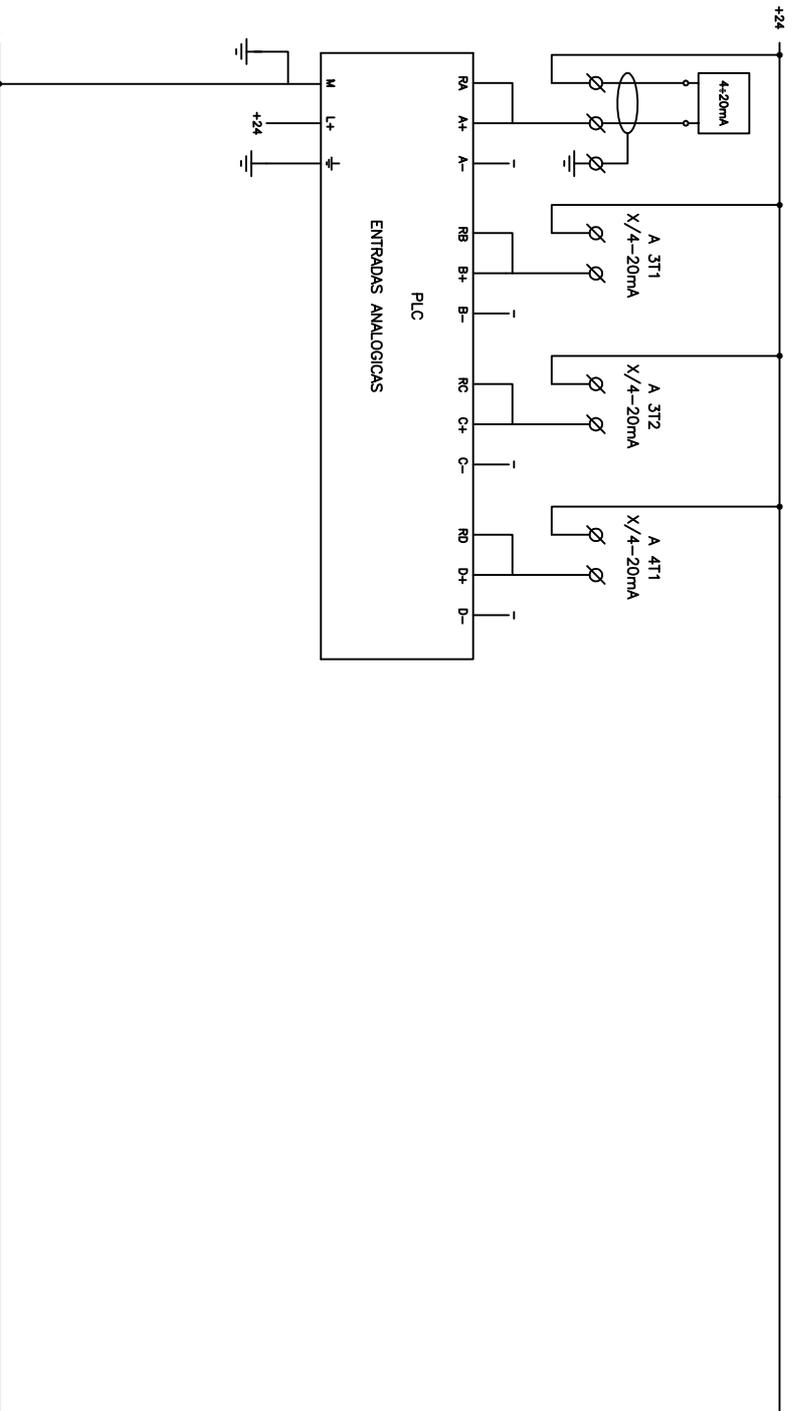
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
ALARMA SONORA	ALARMA VISUAL	SOL. LIQUIDO TUNEL N° 1	SOL. LIQUIDO TUNEL N° 2	SOL. LIQUIDO TUNEL N° 3	SOL. LIQUIDO ARMARIO	SOL. LIQUIDO BODEGAS	ALIMENTACION SD						TERMINAL					

+24



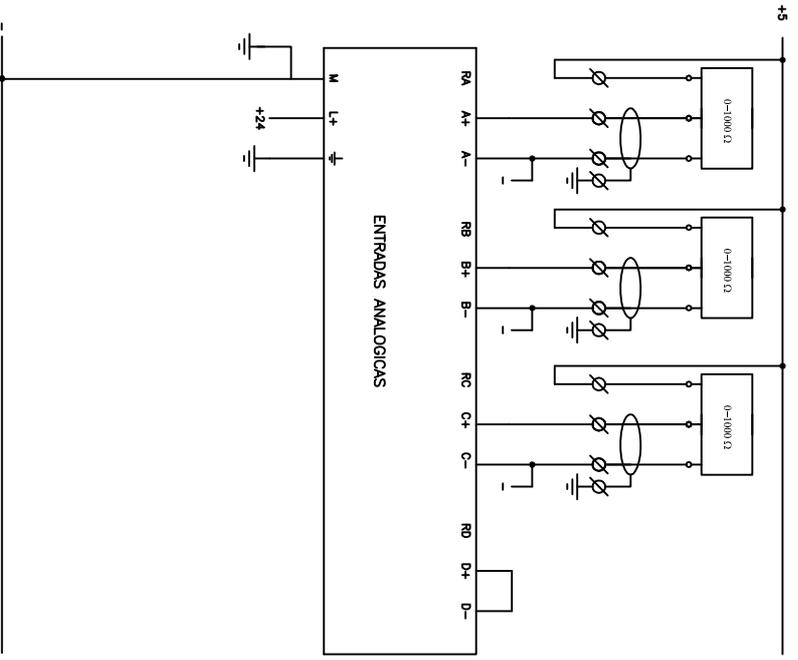
E.T.S. DE NAUTICA Y MAQUINAS		TRABAJO FIN DE CARRERA NUMERO:
INGENIERIA MARINA - MANTENIMIENTO E INSTALACIONES		TFG/GEM/M-21-14
TRABAJO FIN DE CARRERA NUMERO:		
INSTALACION FRIGORIFICA EN ARRASTRO CONGELADOR		
TITULO DEL PLANO:		
ESQUEMA ELECTRICO		
FECHA: 07-08-2014		ESCALA: SIE
AUTOR:		PLANO N°: 5 (Pagina 11 de 27)
FRANCISCO JAVIER TRILLO VIDAL		

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
SONDA TEMPERATURA ACEITE COMPRESOR N° 3	CONSUMO COMPRESOR N° 1	CONSUMO COMPRESOR N° 2	CONSUMO COMPRESOR N° 3															



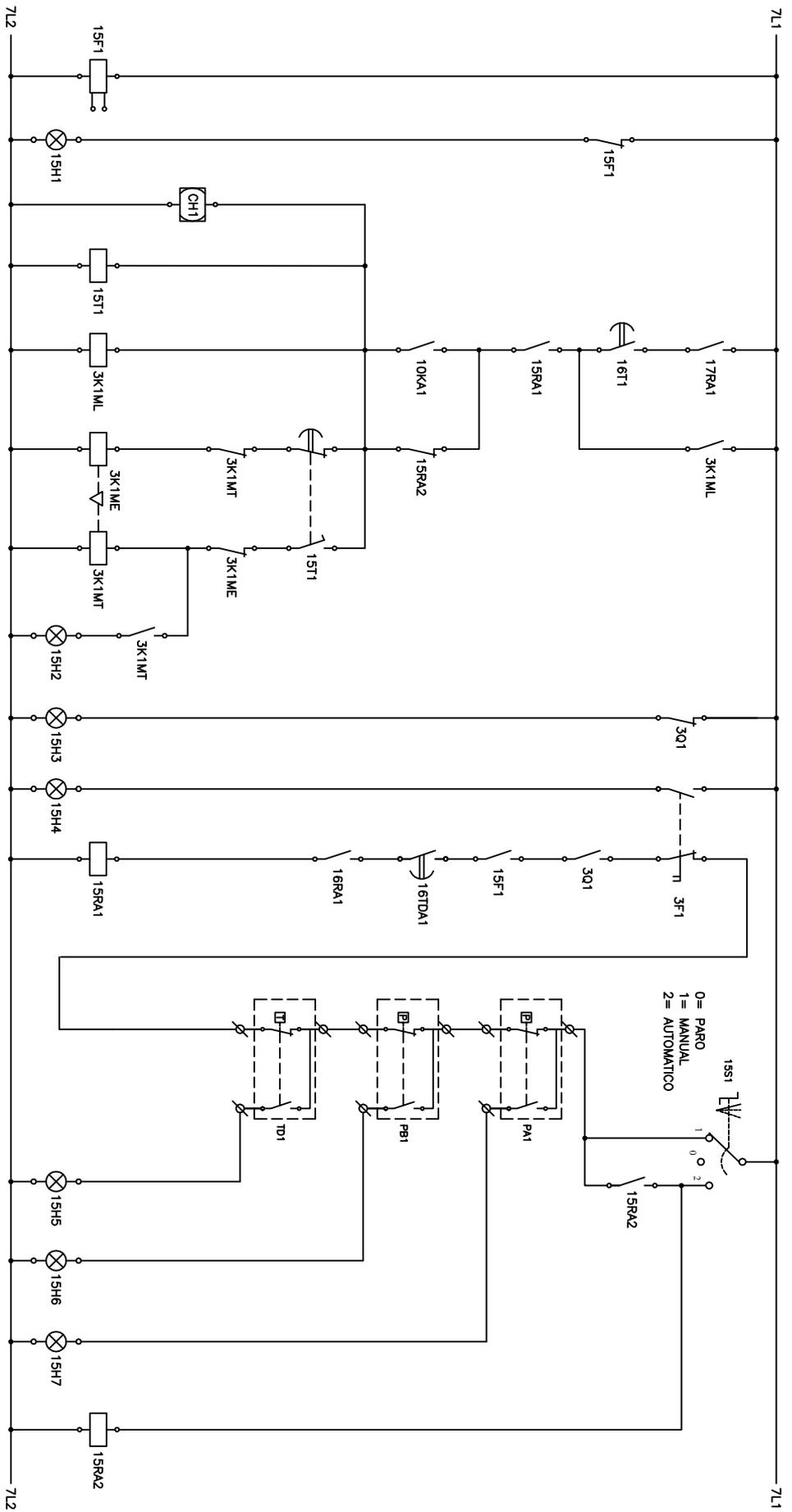
E.T.S. DE NAUTICA Y MAQUINAS		TRABAJO FIN DE CARRERA NUMERO:	
INGENIERIA MARINA - MANTENIMIENTO E INSTALACIONES		TFG/GEM/M-21-14	
TRABAJO FIN DE CARRERA NUMERO:			
INSTALACIÓN FRIGORIFICA EN ARRASTRERO CONGELADOR			
TITULO DEL PLANO:		FECHA: 07-08-2014	
ESQUEMA ELECTRICO		ESCALA: SE	
AUTOR:		FRMA:	
FRANCISCO JAVIER TRILLO VIDAL		PLANO N°: 5 (Página 13 de 27)	

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
		POTENCIOMETRO CAPACIDAD COMPRESOR N° 1	POTENCIOMETRO CAPACIDAD COMPRESOR N° 2	POTENCIOMETRO CAPACIDAD COMPRESOR N° 3														



E.T.S. DE NAUTICA Y MAQUINAS		TRABAJO FIN DE CARRERA NUMERO:
INGENIERIA MARINA - MANTENIMIENTO E INSTALACIONES		TFG/GEM/M-21-14
TRABAJO FIN DE CARRERA NUMERO:		
INSTALACION FRIGORIFICA EN ARRASTRERO CONGELADOR		
TITULO DEL PLANO:		
ESQUEMA ELECTRICO		FECHA: 07-08-2014
AUTOR:		ESCALA: SIE
FRANCISCO JAVIER TRILLO VIDAL		PLANO Nº: 5 (Página 14 de 27)
FRMA:		

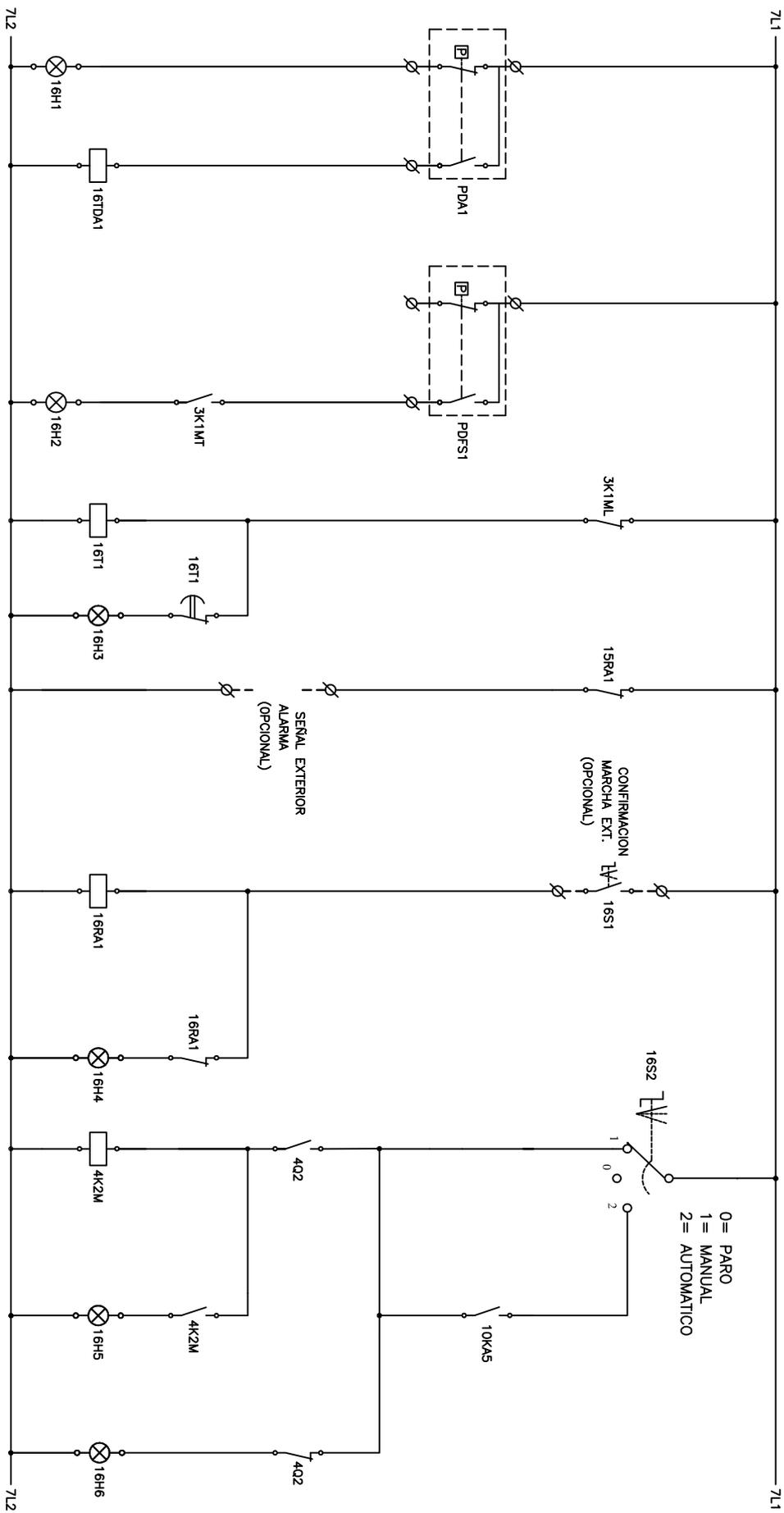
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
COMPRESOR N° 1																		
ARRANQUE COMPRESOR Y SEÑALIZACION																		
RELE PTOS INTERNAS																		



E.T.S. DE NAUTICA Y MAQUINAS		TRABAJO FIN DE CARRERA NÚMERO:	
INGENIERIA MARINA - MANTENIMIENTO E INSTALACIONES		TFG/GEM/M-21-14	
TRABAJO FIN DE CARRERA NÚMERO:			
INSTALACIÓN FRIGORÍFICA EN ARRASTRERO CONGELADOR			
TÍTULO DEL PLANO:		FECHA: 07-08-2014	
ESQUEMA ELECTRICO		ESCALA: SE	
AUTOR:		FRMA:	
FRANCISCO JAVIER TRILLO VIDAL			
		PLANO N°: 5 (Página 15 de 27)	

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

PRESOSTATO DIFERENCIAL DE ACEITE		PRESOSTATO DIFERENCIAL FILTRO SUCIO		TEMPORIZACION ENTRE ARRANQUES		SEÑAL EXTERIOR ALARMA COMPRESOR N° 1		COMPRESOR N° 1		ORDEN DE MARCHA EXTERIOR		BOMBA DE ACEITE COMPRESOR N° 1					
----------------------------------	--	-------------------------------------	--	-------------------------------	--	--------------------------------------	--	----------------	--	--------------------------	--	--------------------------------	--	--	--	--	--

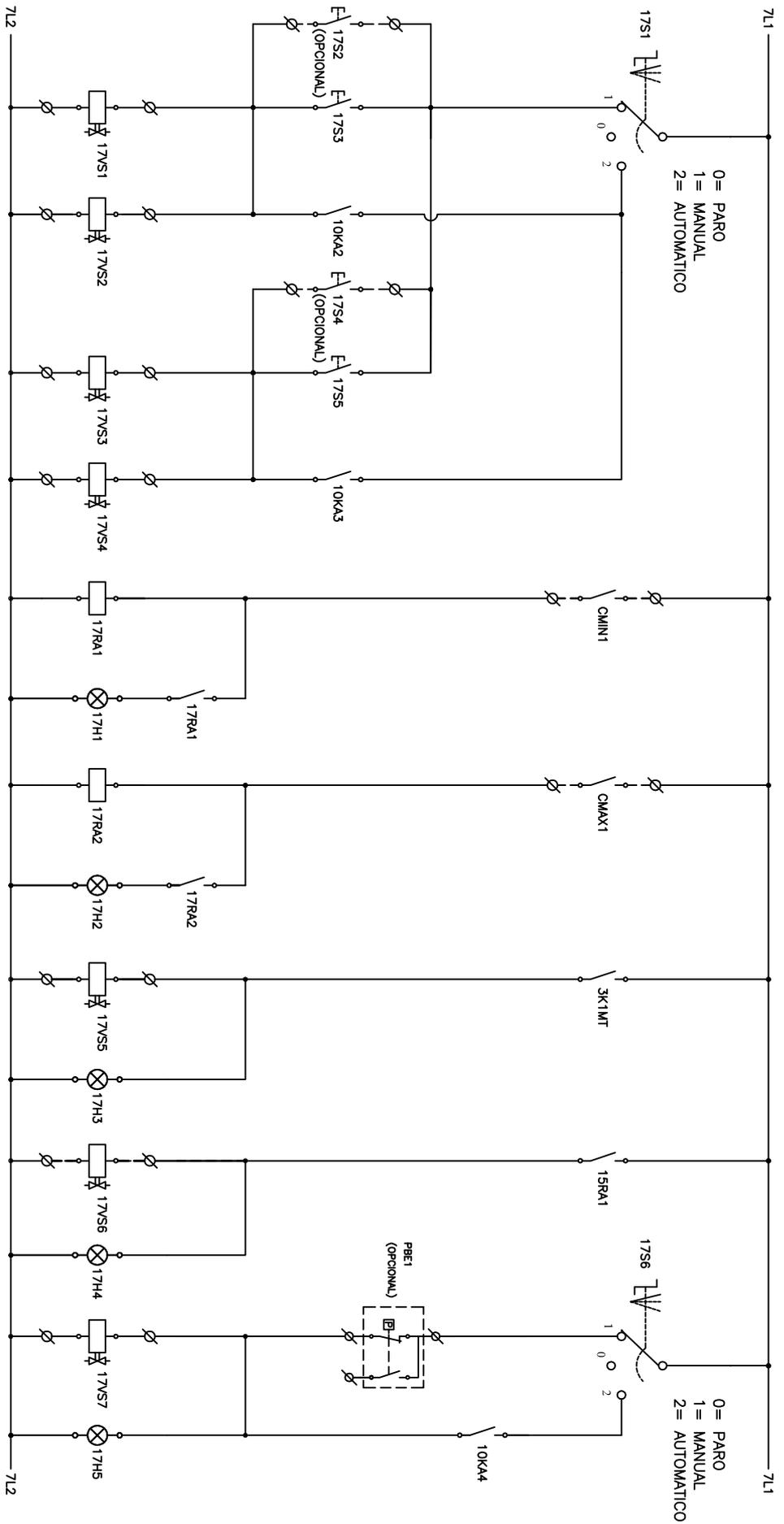


E.T.S. DE NAUTICA Y MAQUINAS
INGENIERIA MARINA - MANTENIMIENTO E INSTALACIONES
 TRABAJO FIN DE CARRERA NUMERO: **TFG/GEM/M-21-14**

INSTALACION FRIGORIFICA EN ARRASTRE CONGELADOR

TITULO DEL PLANO: ESQUEMA ELECTRICO		FECHA: 07-08-2014	
AUTOR: FRANCISCO JAVIER TRILLO VIDAL		ESCALA: SIE	
FRAMA:		PLANO N° 5 (Pagina 16 de 27)	

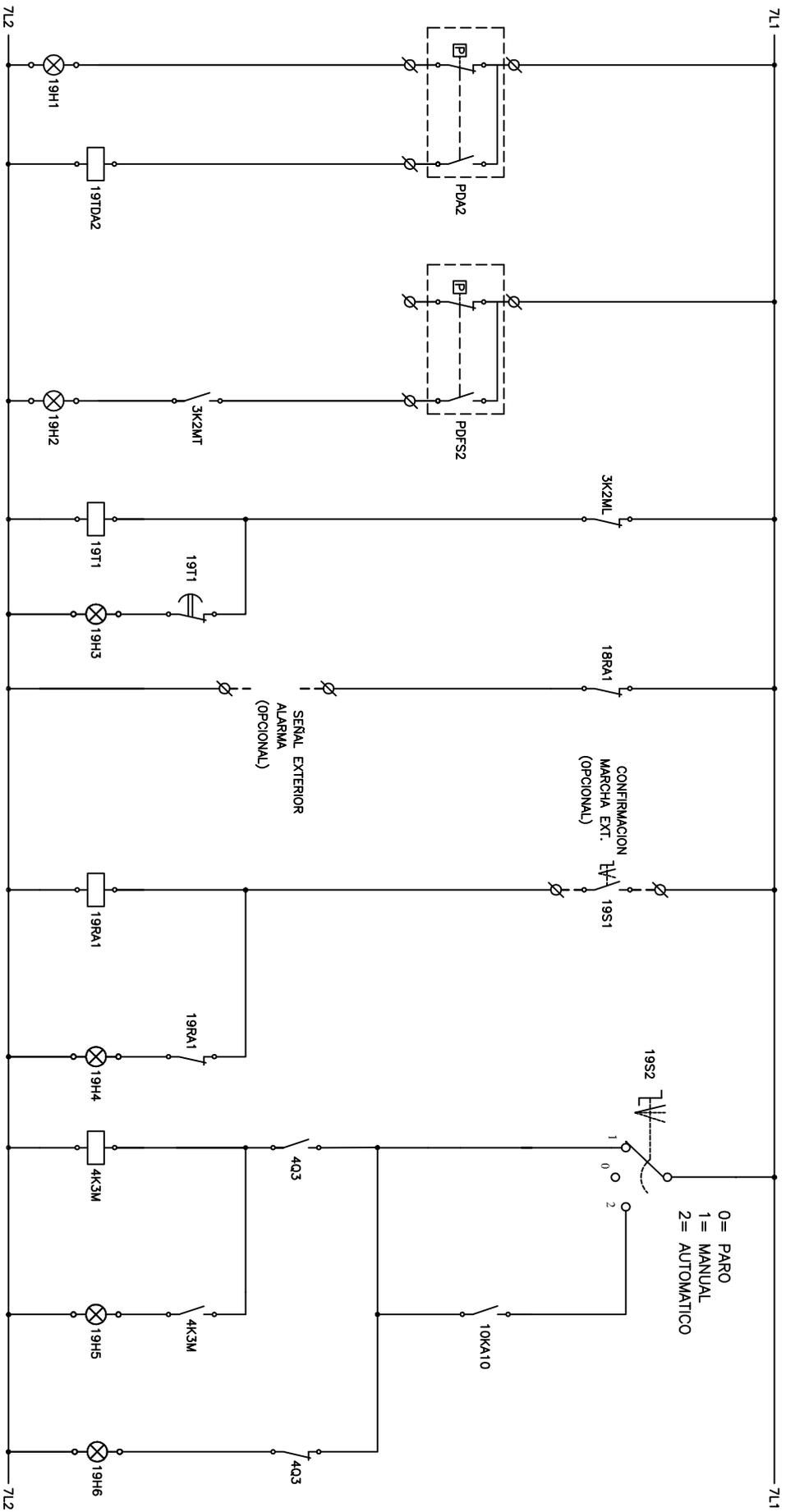
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
CONTROL DE CAPACIDAD				COMPRESOR N° 1				SEALIZACION CAPACIDAD				SOL. RETORNO ACEITE SECUNDARIO		SOL. SALIDA ECO		SOLENOIDE INYECCION ECONOMIZADOR		
SOLENOIDES + CAPACIDAD				SOLENOIDES - CAPACIDAD														



E.T.S. DE NAUTICA Y MAQUINAS		TRABAJO FIN DE CARRERA NUMERO:	
INGENIERIA MARINA - MANTENIMIENTO E INSTALACIONES		TFG/GEM/M-21-14	
TRABAJO FIN DE CARRERA NUMERO:			
INSTALACION FRIGORIFICA EN ARRASTRO CONGELADOR			
TITULO DEL PLANO:			
ESQUEMA ELECTRICO			

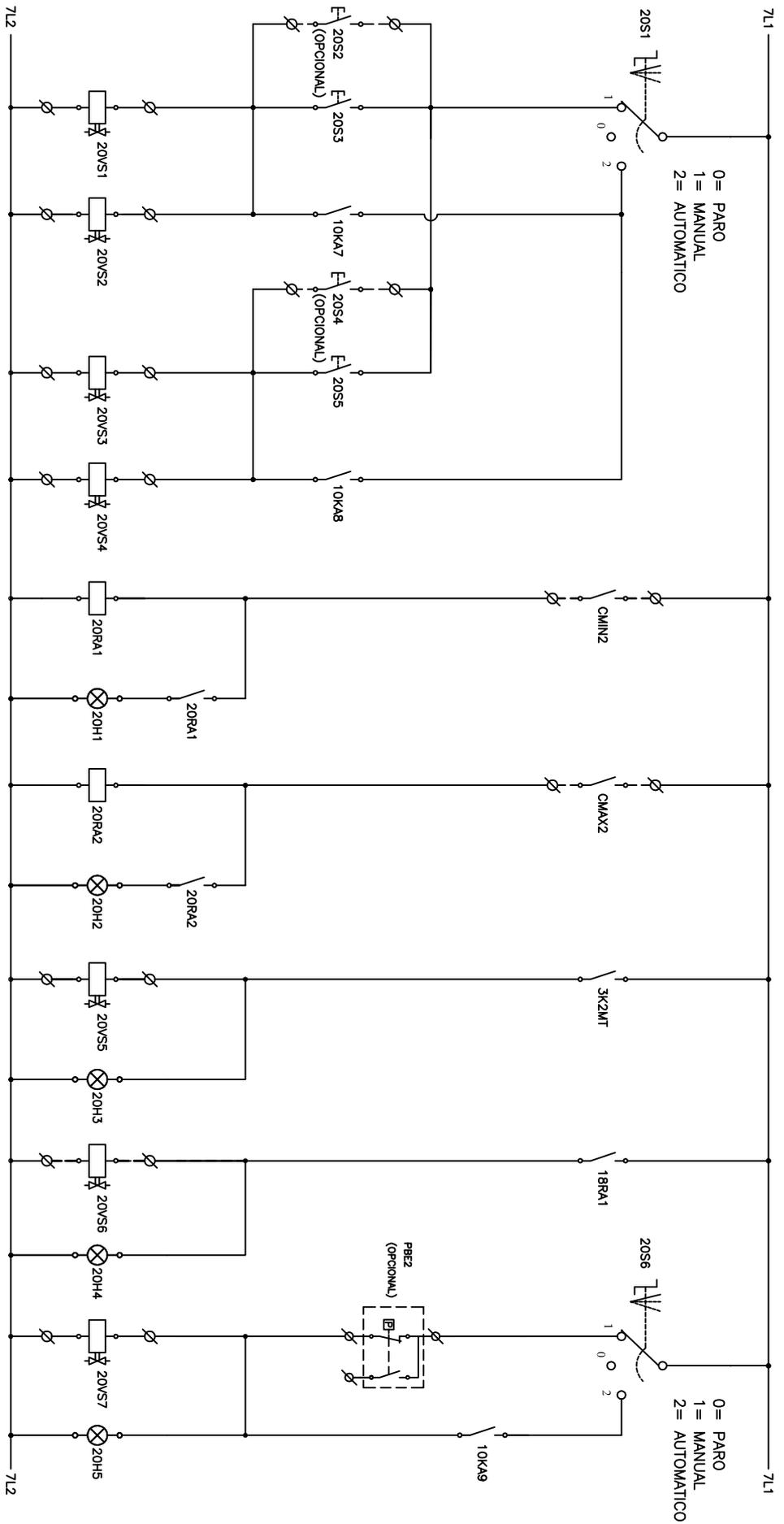
FECHA: 07-08-2014		ESCALA: SIE	
AUTOR: FRANCISCO JAVIER TRILLO VIDAL		FRMA:	
PLANO N°: 5 (Pagina 1 de 27)			

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19						
PRESOSTATO DIFERENCIAL DE ACEITE								PRESOSTATO DIFERENCIAL FILTRO SUCIO			TEMPORIZACION ENTRE ARRANQUES			SEÑAL EXTERIOR ALARMA COMPRESOR N° 2		COMPRESOR N° 2			ORDEN DE MARCHA EXTERIOR			BOMBA DE ACEITE COMPRESOR N° 2		



E.T.S. DE NAUTICA Y MAQUINAS		TRABAJO FIN DE CARRERA NUMERO:	
INGENIERIA MARINA - MANTENIMIENTO E INSTALACIONES		TFG/GEN/M-21-14	
TRABAJO FIN DE CARRERA NUMERO:			
TITULO DEL PLANO:			
ESQUEMA ELECTRICO			
AUTOR:		FECHA:	
FRANCISCO JAVIER TRILLO VIDAL		07-08-2014	
AUTOR:		ESCALA:	
FRANCISCO JAVIER TRILLO VIDAL		SE	
AUTOR:		PLANO N°:	
FRANCISCO JAVIER TRILLO VIDAL		5 (Página 19 de 27)	

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
CONTROL DE CAPACIDAD								COMPRESOR N° 2										
SOLENOIDES + CAPACIDAD								SEÑALIZACION CAPACIDAD			SOL. RETORNO ACEITE SECUNDARIO		SOL. SALIDA ECO		SOLENOIDE INYECCION ECONOMIZADOR			



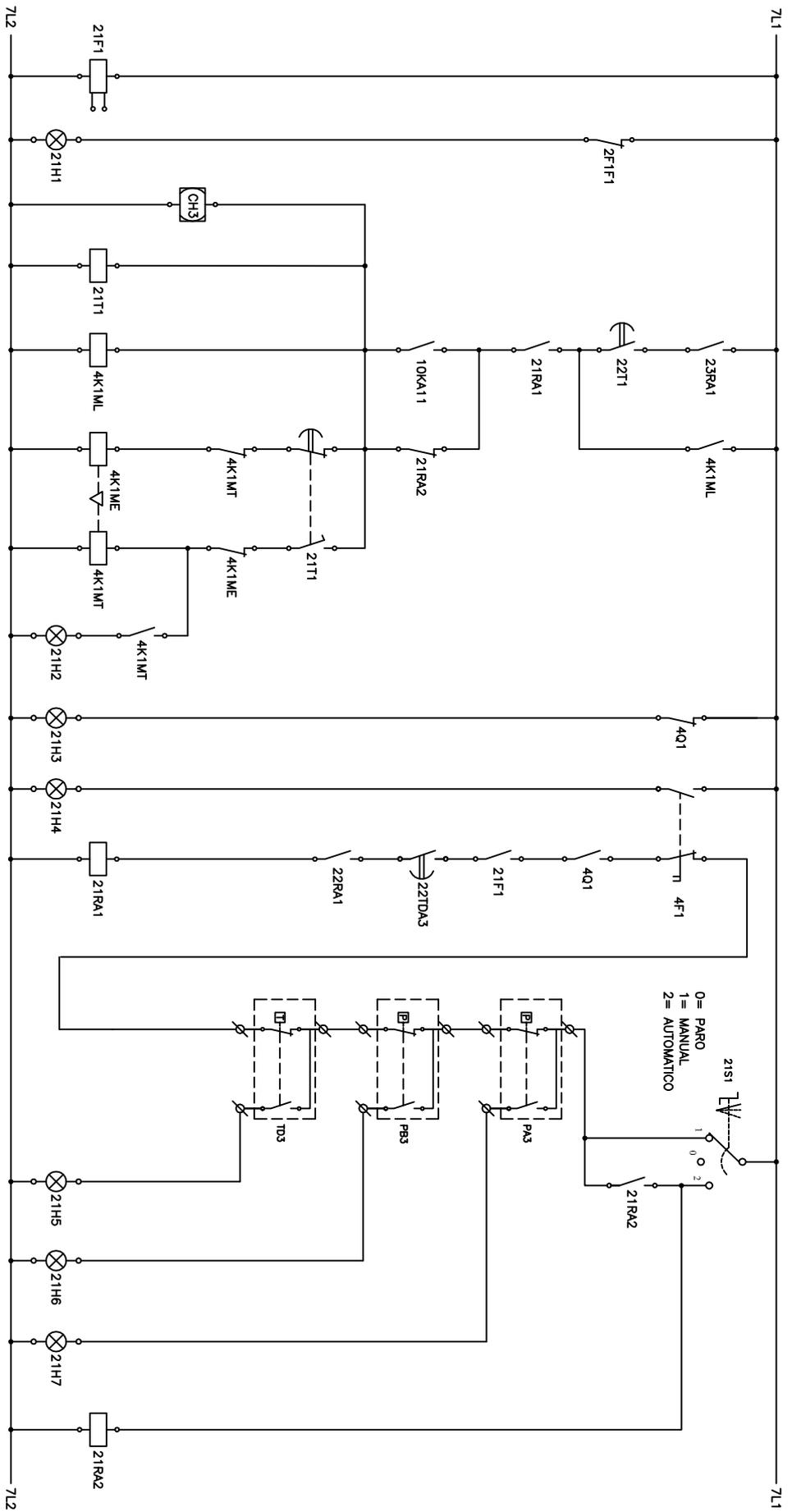
E.T.S. DE NAUTICA Y MAQUINAS
INGENIERIA MARINA - MANTENIMIENTO E INSTALACIONES
 TRABAJO FIN DE CARRERA NUMERO: **TFG/GEN/M-21-14**

INSTALACION FRIGORIFICA EN ARRASTRERO CONGELADOR

TITULO DEL PLANO: **ESQUEMA ELECTRICO**
 FECHA: 07-08-2014
 ESCALA: SE

AUTOR: **FRANCISCO JAVIER TRILLO VIDAL**
 FRMA:
 PLANO N°: 5 (Página 20 de 27)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
RELE PTOS INTERNAS											COMPRESOR N° 3 ARRANQUE COMPRESOR Y SEÑALIZACION							

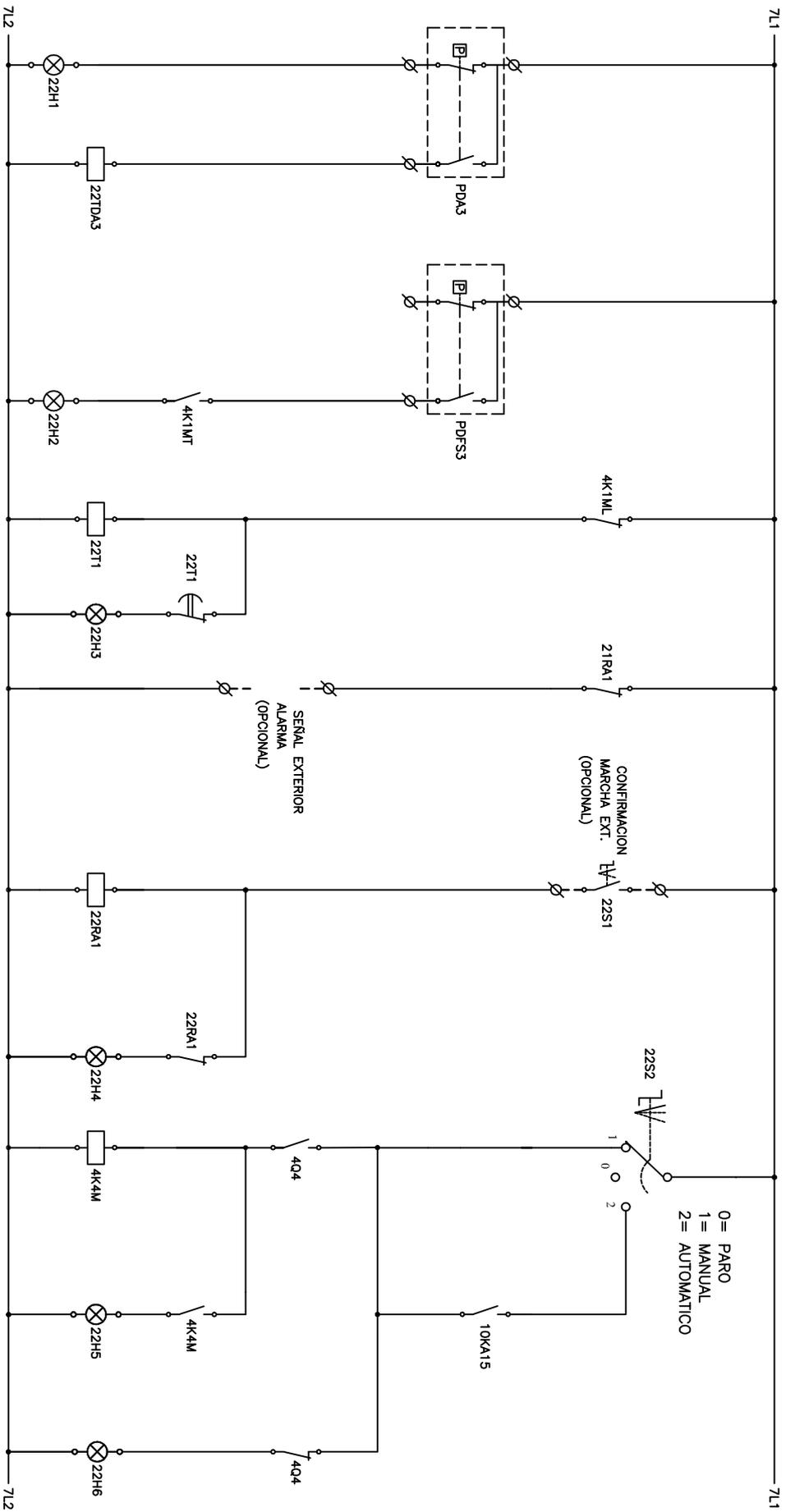


0 = PARO
1 = MANUAL
2 = AUTOMATICO

E.T.S. DE NAUTICA Y MAQUINAS
INGENIERIA MARINA - MANTENIMIENTO E INSTALACIONES
 TFG/GEM/M-21-14

TITULO DEL PLANO:
ESQUEMA ELECTRICO
 TITULO DEL PLANO:
INSTALACION FRIGORIFICA EN ARRASTRERO CONGELADOR
 FECHA: 07-08-2014
 ESCALA: SE
 AUTOR:
FRANCISCO JAVIER TRILLO VIDAL
 PLANO N°: 5 (Página 21 de 27)

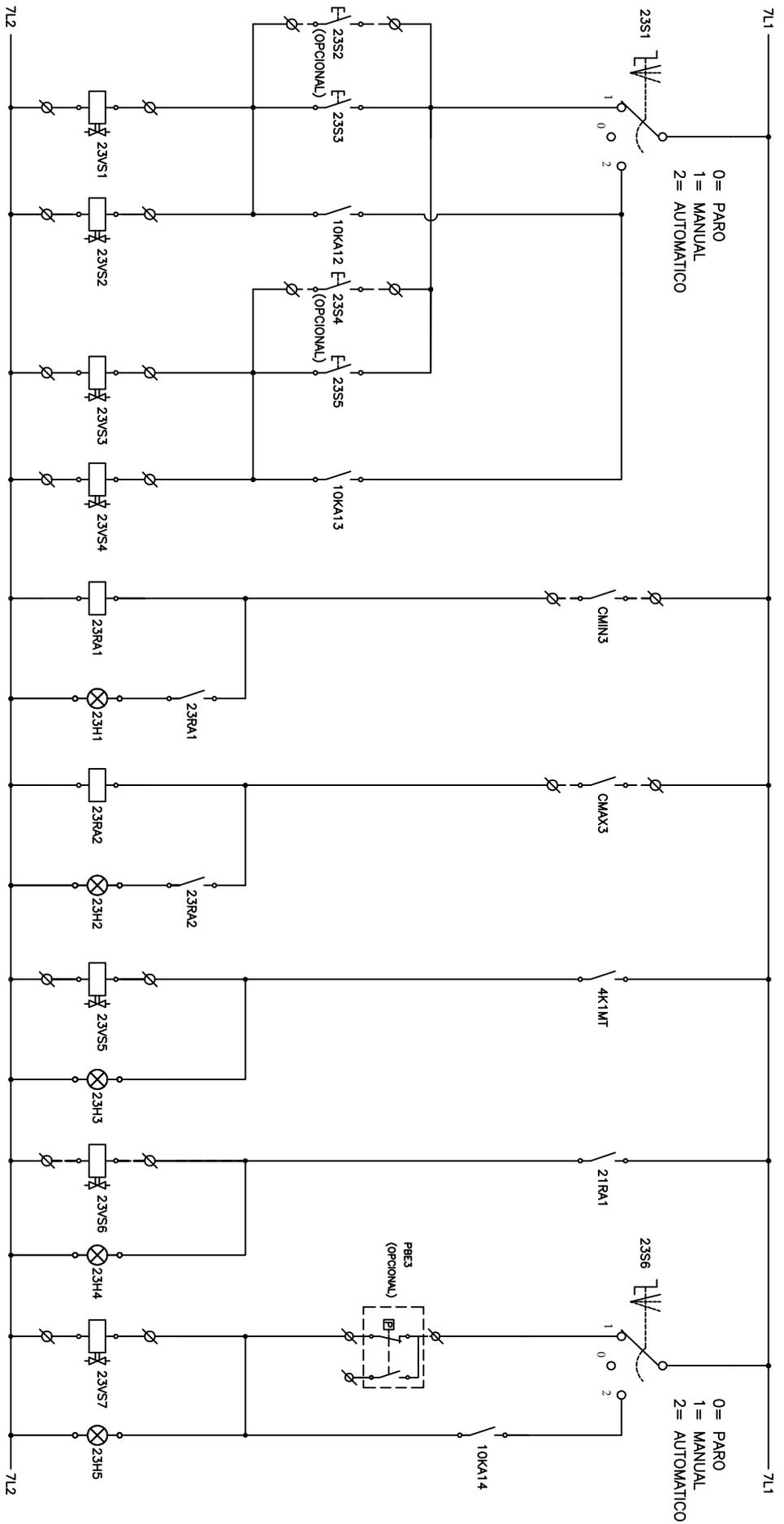
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
PRESOSTATO DIFERENCIAL DE ACEITE			PRESOSTATO DIFERENCIAL FILTRO SUCIO			TEMPORIZACION ENTRE ARRANQUES			SEÑAL EXTERIOR ALARMA COMPRESOR N° 3			ORDEN DE MARCHA EXTERIOR			BOMBA DE ACEITE COMPRESOR N° 3			



E.T.S. DE NAUTICA Y MAQUINAS		TRABAJO FIN DE CARRERA NUMERO:	
INGENIERIA MARINA - MANTENIMIENTO E INSTALACIONES		TFG/GEN/M-21-14	
TRABAJO FIN DE CARRERA NUMERO:			
TITULO DEL PLANO:			
ESQUEMA ELECTRICO			
AUTOR:		FRAMA:	
FRANCISCO JAVIER TRILLO VIDAL			
FECHA: 07-08-2014		ESCALA: SE	
PLANO N°: 5 (Página 22 de 27)			

INSTALACIÓN FRIGORÍFICA EN ARRASTRERO CONGELADOR

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
CONTROL DE CAPACIDAD								COMPRESOR N° 3										
SOLENOIDES + CAPACIDAD				SOLENOIDES - CAPACIDAD				SEMAJIZACION CAPACIDAD				SOL. RETORNO ACEITE SECUNDARIO		SOL. SALIDA ECO		SOLENOIDE INECCION ECONOMIZADOR		



TRABAJO FIN DE CARRERA NUMERO: TFG/GE/MI/21-14

INGENIERIA MARINA - MANTENIMIENTO E INSTALACIONES

TRABAJO FIN DE CARRERA NUMERO: TFG/GE/MI/21-14

ET.S. DE NAUTICA Y MAQUINAS

INSTALACION FRIGORIFICA EN ARRASTRO CONGELADOR

TITULO DEL PLANO: ESQUEMA ELECTRICO

FECHA: 07-08-2014

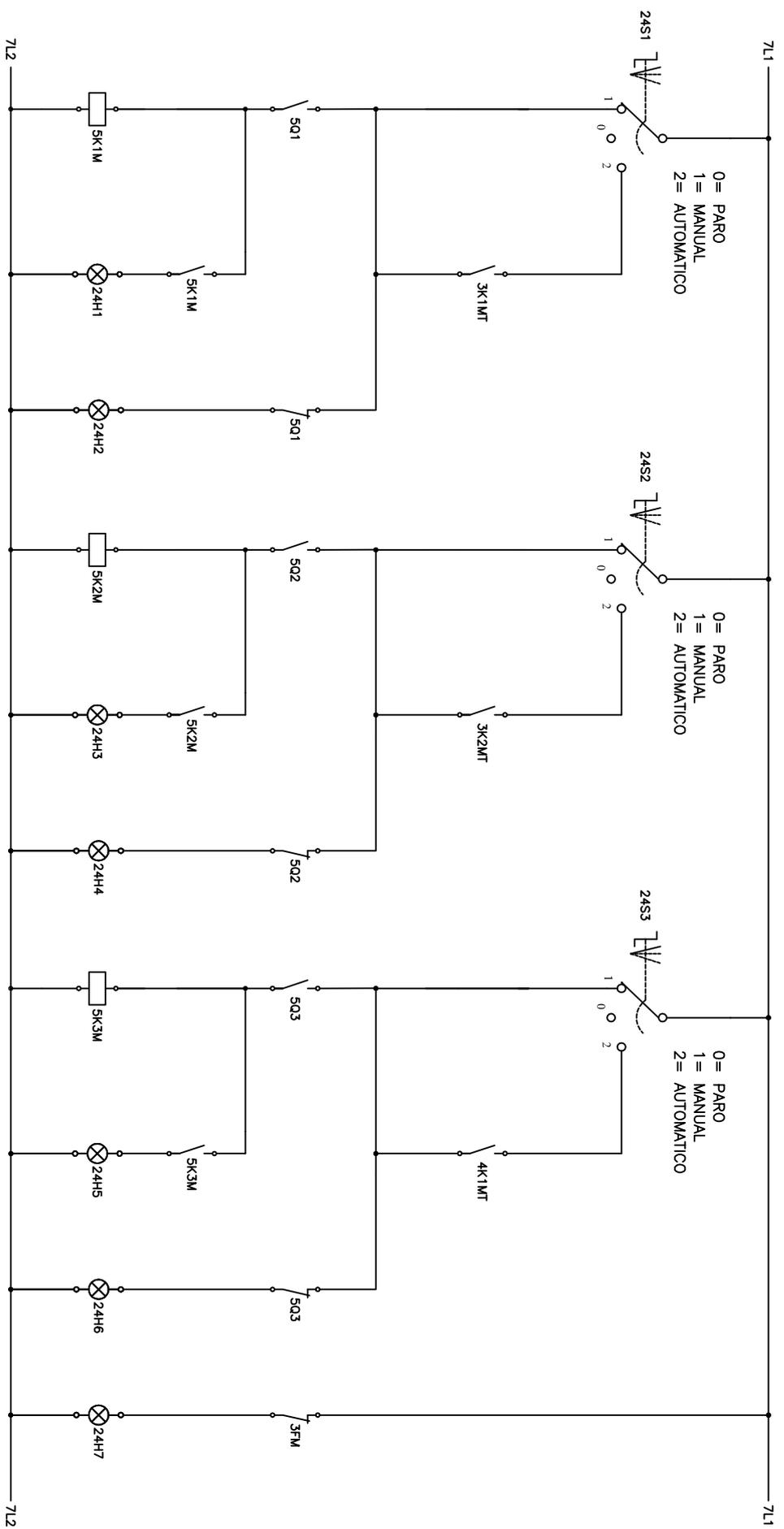
ESCALA: SIE

AUTOR: FRANCISCO JAVIER TRILLO VIDAL

FRMA:

PLANO N°: 5 (Página 23 de 27)

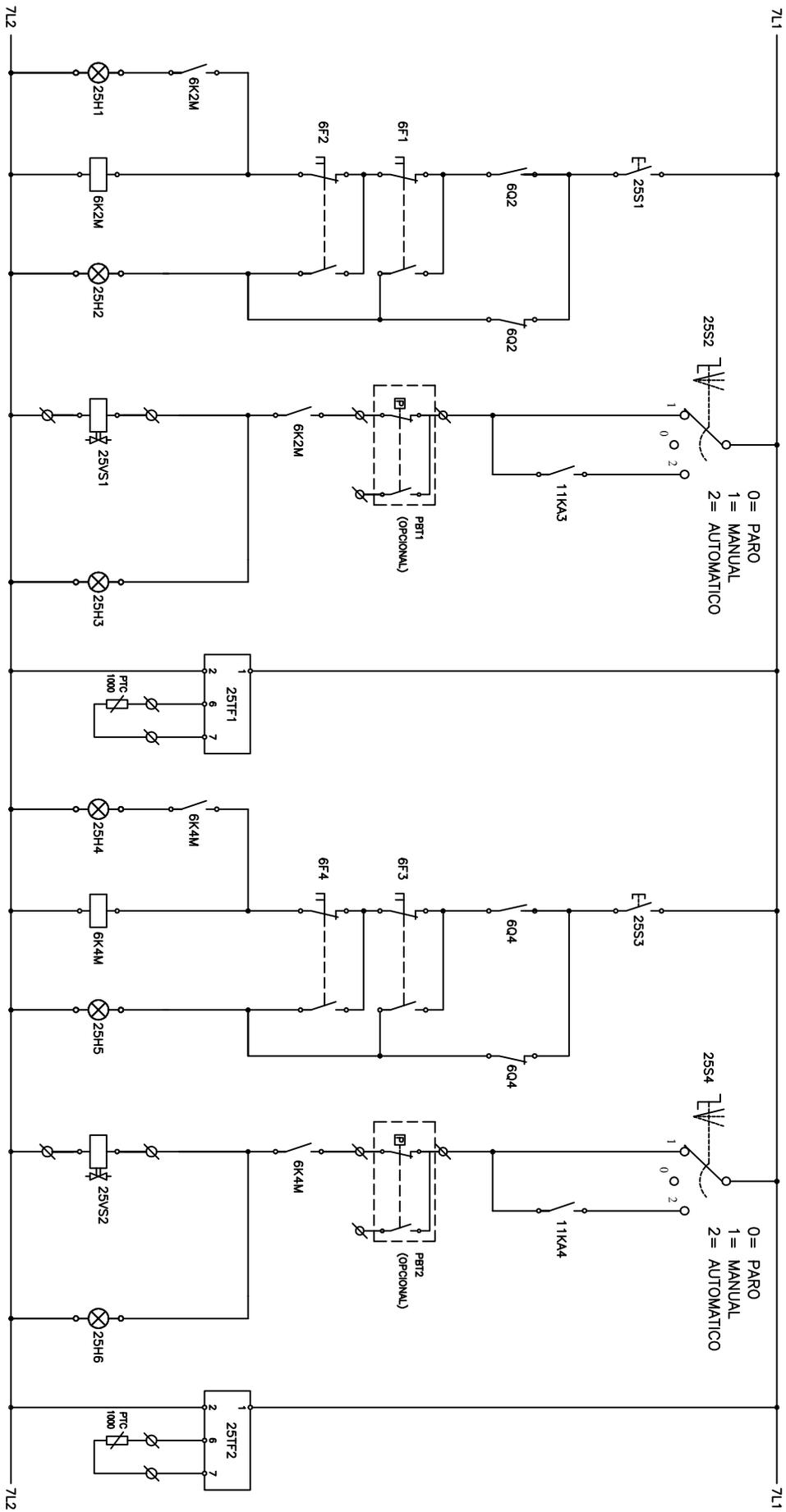
BOMBA DE AGUA CONDENSADOR COMPRESOR N° 1	BOMBA DE AGUA CONDENSADOR COMPRESOR N° 2	BOMBA DE AGUA CONDENSADOR COMPRESOR N° 3	ALARMA SECUENCIADOR DE FASES
--	--	--	------------------------------



E.T.S. DE MAUTICA Y MAQUINAS		TRABAJO FIN DE CARRERA NUMERO:
INGENIERIA MARINA - MANTENIMIENTO E INSTALACIONES		TFG/GEM/M-21-14
TRABAJO FIN DE CARRERA NUMERO:		
INSTALACION FRIGORIFICA EN ARRASTRO CONGELADOR		
TITULO DEL PLANO:		
ESQUEMA ELECTRICO		
AUTOR:		FRMA:
FRANCISCO JAVIER TRILLO VIDAL		
FECHA:		ESCALA:
07-08-2014		SIE
PLANO N°:		
5 (Pagina 24 de 27)		

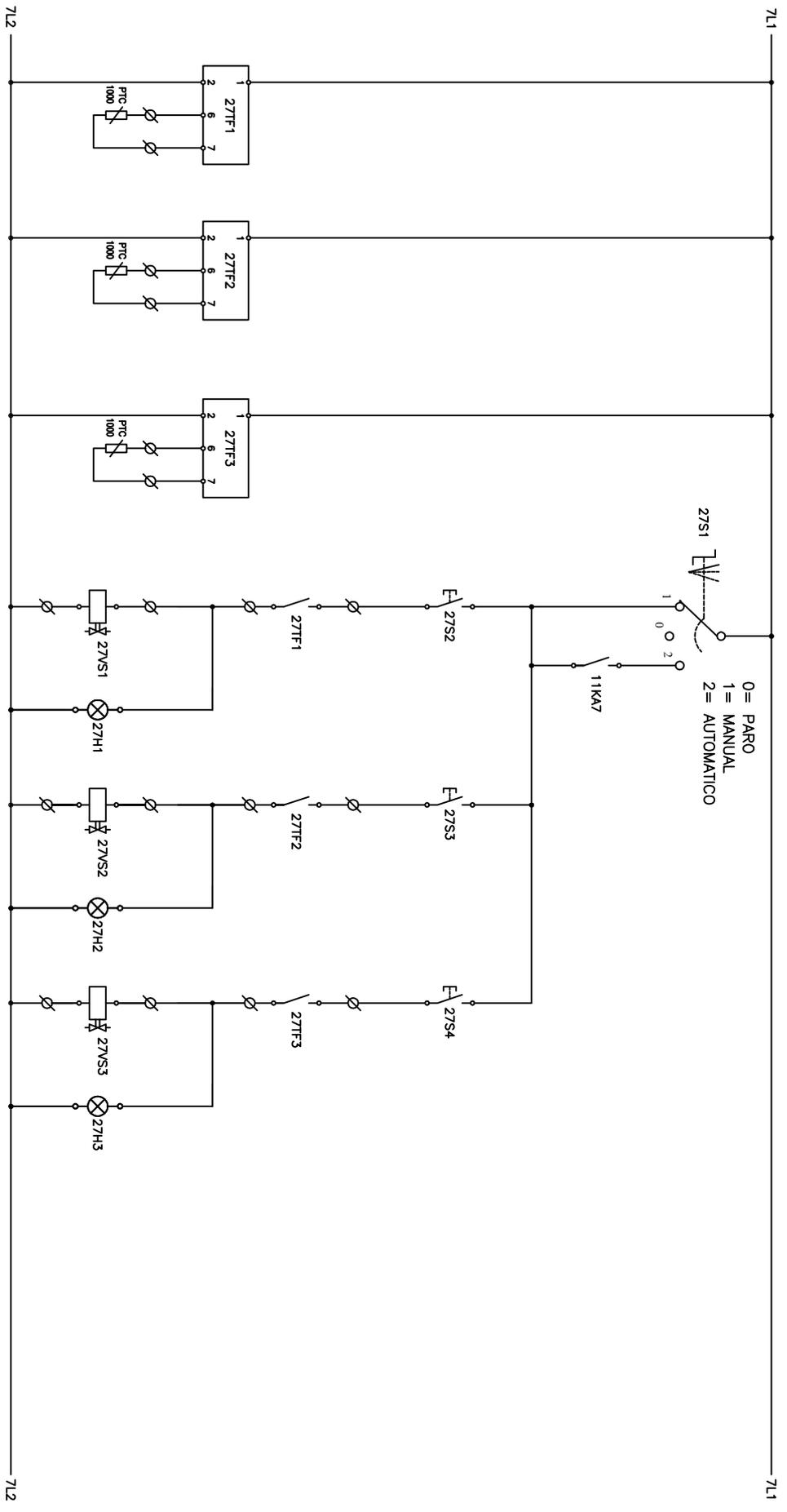
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

TUNEL DE CONGELACION N° 1					TUNEL DE CONGELACION N° 2																			
VENTILADORES					SOLENOIDE DE LIQUIDO					VENTILADORES					SOLENOIDE DE LIQUIDO					TERMOSTATO INDICADOR				

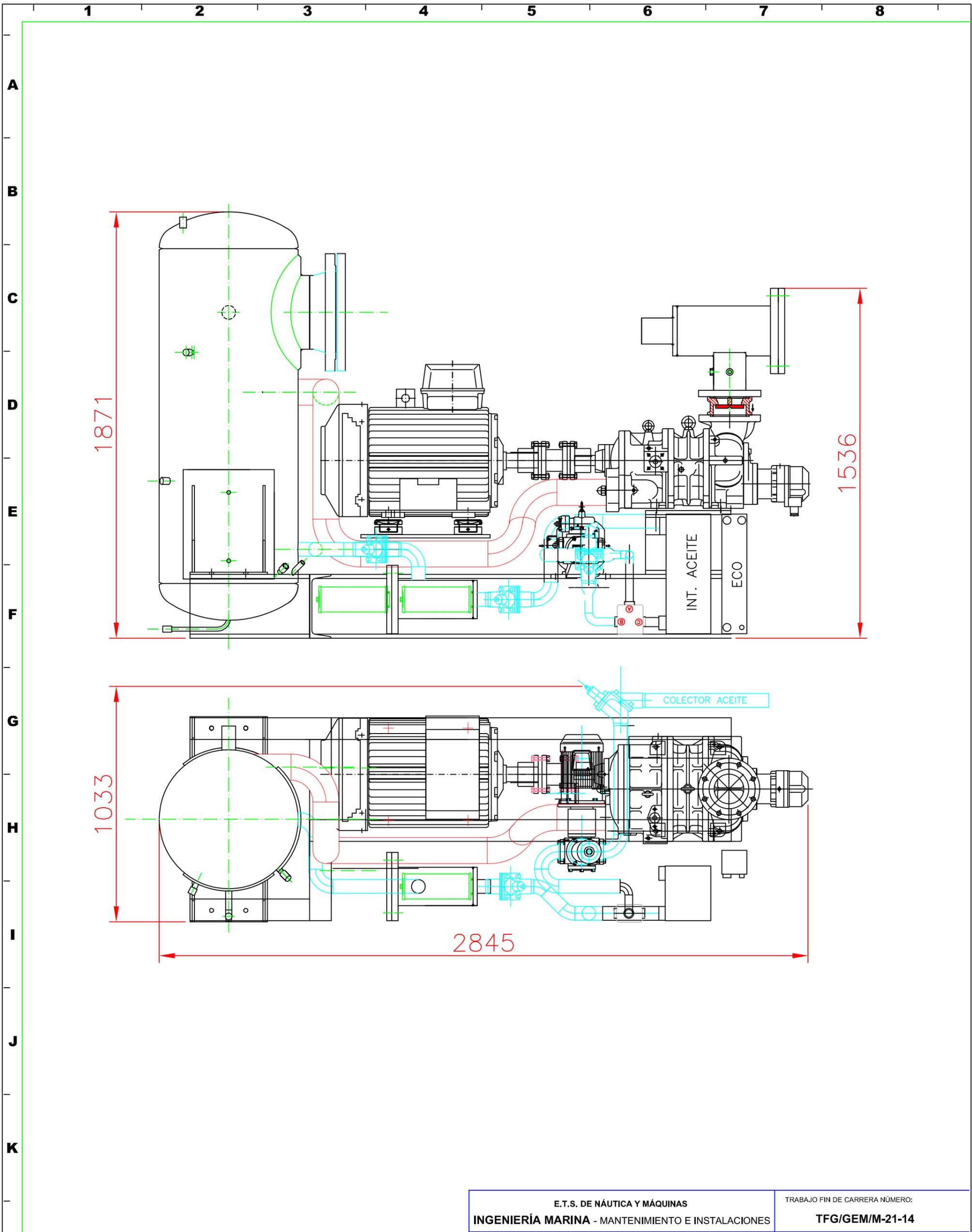


E.T.S. DE NAUTICA Y MAQUINAS		TRABAJO FIN DE CARRERA NUMERO:	
INGENIERIA MARINA - MANTENIMIENTO E INSTALACIONES		TFG/GEM/M-21-14	
TRABAJO FIN DE CARRERA NUMERO:			
INSTALACIÓN FRIGORIFICA EN ARRASTRERO CONGELADOR			
TITULO DEL PLANO:		FECHA: 07-08-2014	
ESQUEMA ELECTRICO		ESCALA: SE	
AUTOR:		FRMA:	
FRANCISCO JAVIER TRILLO VIDAL		PLANO N°: 5 (Página 25 de 27)	

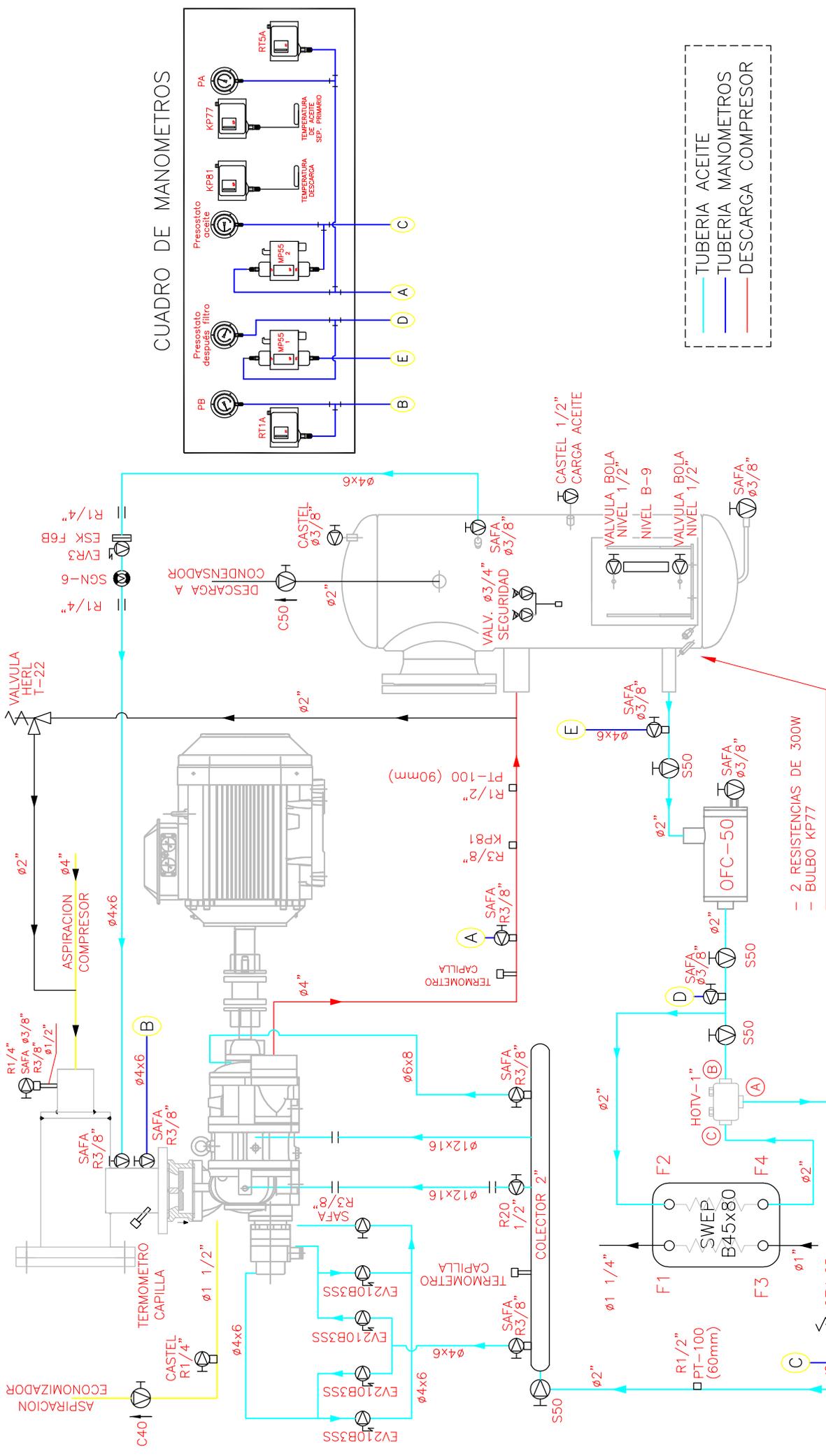
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
TERMOSTATO BODEGA								TERM. ENTIP. CARTONAJE			TERMI. ENTIP. DE CARGA							
BODEGAS									SOLENOIDES									



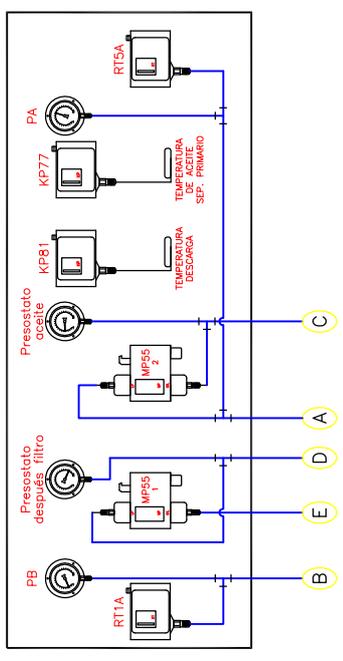
E.T.S. DE NAUTICA Y MAQUINAS		TRABAJO FIN DE CARRERA NUMERO:
INGENIERIA MARINA - MANTENIMIENTO E INSTALACIONES		TFG/GEM/M-21-14
TRABAJO FIN DE CARRERA NUMERO:		
TITULO DEL PLANO:		
ESQUEMA ELECTRICO		
FECHA: 07-08-2014		ESCALA: SE
AUTOR:		FRMA:
FRANCISCO JAVIER TRILLO VIDAL		PLANO Nº: 5 (Página 27 de 27)



E.T.S. DE NÁUTICA Y MÁQUINAS		TRABAJO FIN DE CARRERA NÚMERO:	
INGENIERÍA MARINA - MANTENIMIENTO E INSTALACIONES		TFG/GEM/M-21-14	
TRABAJO FIN DE CARRERA NÚMERO:			
INSTALACIÓN FRIGORÍFICA EN ARRASTRERO CONGELADOR			
TÍTULO DEL PLANO:		FECHA: 07-08-2014	
EMPACHO UNIDAD F160		ESCALA: 1:15	
AUTOR:		FIRMA:	
FRANCISCO JAVIER TRILLO VIDAL		PLANO Nº: 6.1	



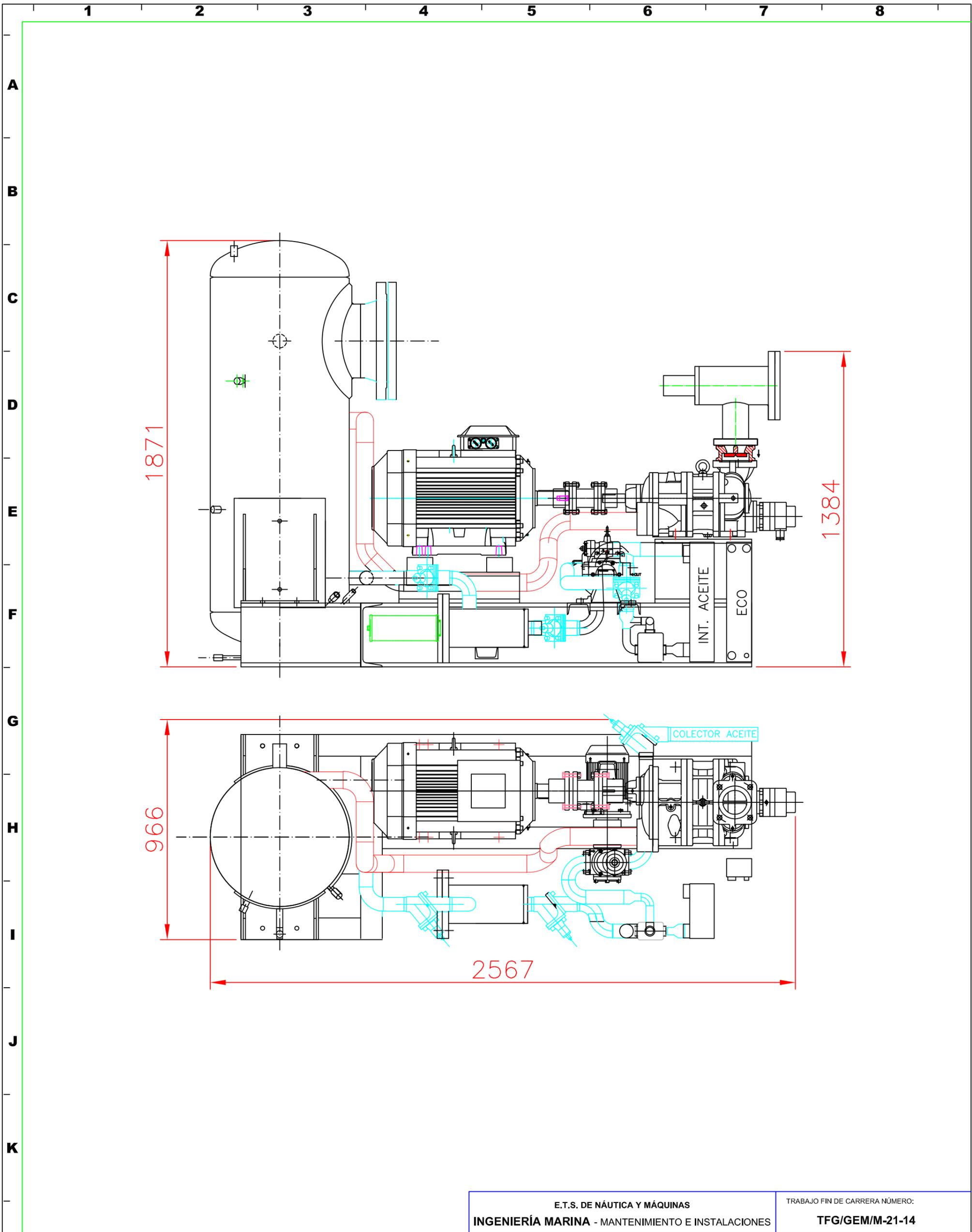
CUADRO DE MANOMETROS



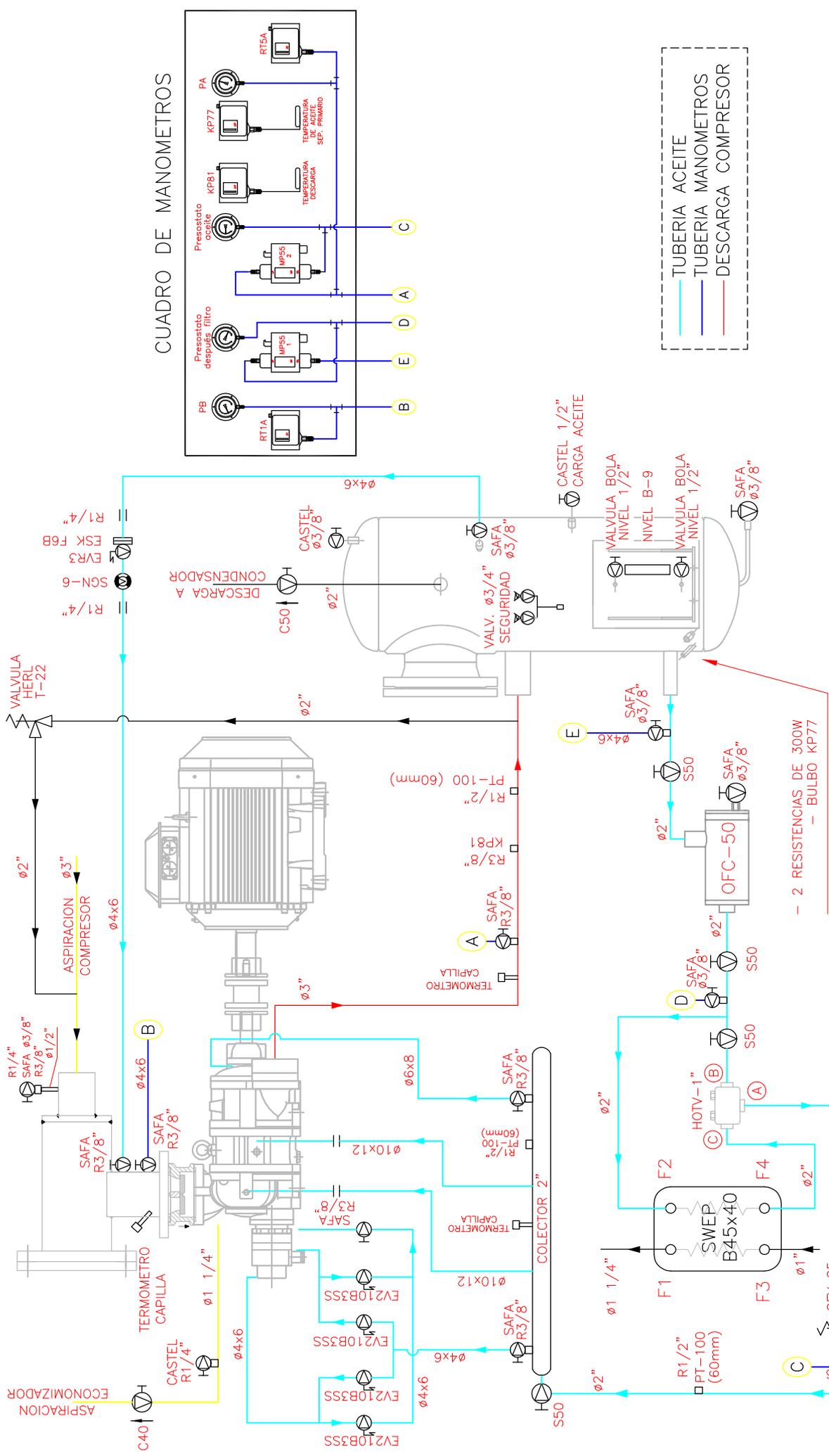
- TUBERIA ACEITE
- TUBERIA MANOMETROS
- DESCARGA COMPRESOR

— 2 RESISTENCIAS DE 300W
— BULBO KP77

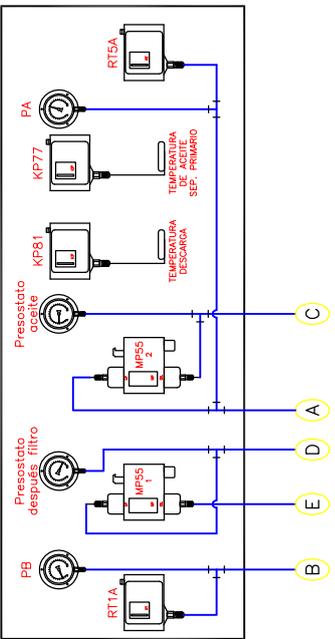
E.T.S. DE NÁUTICA Y MÁQUINAS		TRABAJO FIN DE CARRERA NÚMERO:
INGENIERÍA MARINA - MANTENIMIENTO E INSTALACIONES		TFG/GEM/IM-21-14
TRABAJO FIN DE CARRERA NÚMERO:		
INSTALACIÓN FRIGORÍFICA EN ARRASTRERO CONGELADOR		
TÍTULO DEL PLANO:		
ESQUEMA ACEITE UNIDAD F160		
FECHA: 07-08-2014		
ESCALA: S/E		
AUTOR:		
FRANCISCO JAVIER TRILLO VIDAL		
FIRMA:		
PLANO Nº: 6.1.1		



E.T.S. DE NÁUTICA Y MÁQUINAS		TRABAJO FIN DE CARRERA NÚMERO:	
INGENIERÍA MARINA - MANTENIMIENTO E INSTALACIONES		TFG/GEM/M-21-14	
TRABAJO FIN DE CARRERA NÚMERO:			
INSTALACIÓN FRIGORÍFICA EN ARRASTRERO CONGELADOR			
TÍTULO DEL PLANO:		FECHA: 07-08-2014	
EMPACHO UNIDAD F125		ESCALA: S/E	
AUTOR:		FIRMA:	
FRANCISCO JAVIER TRILLO VIDAL		PLANO Nº: 6.2	



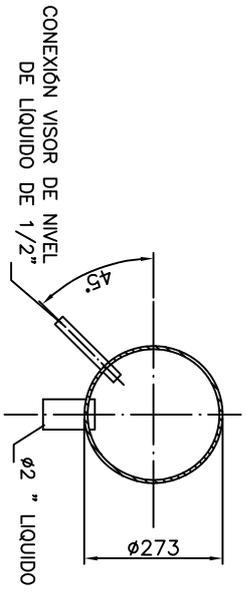
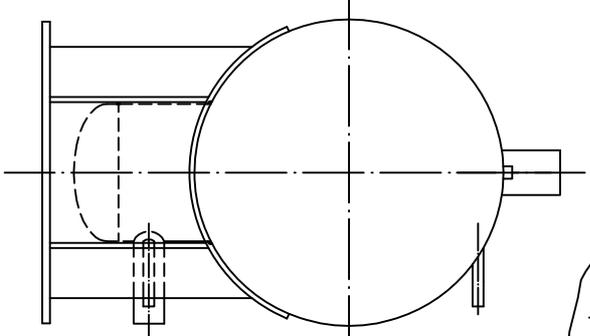
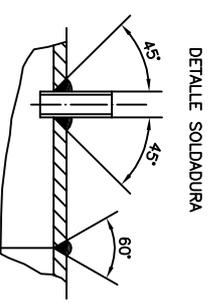
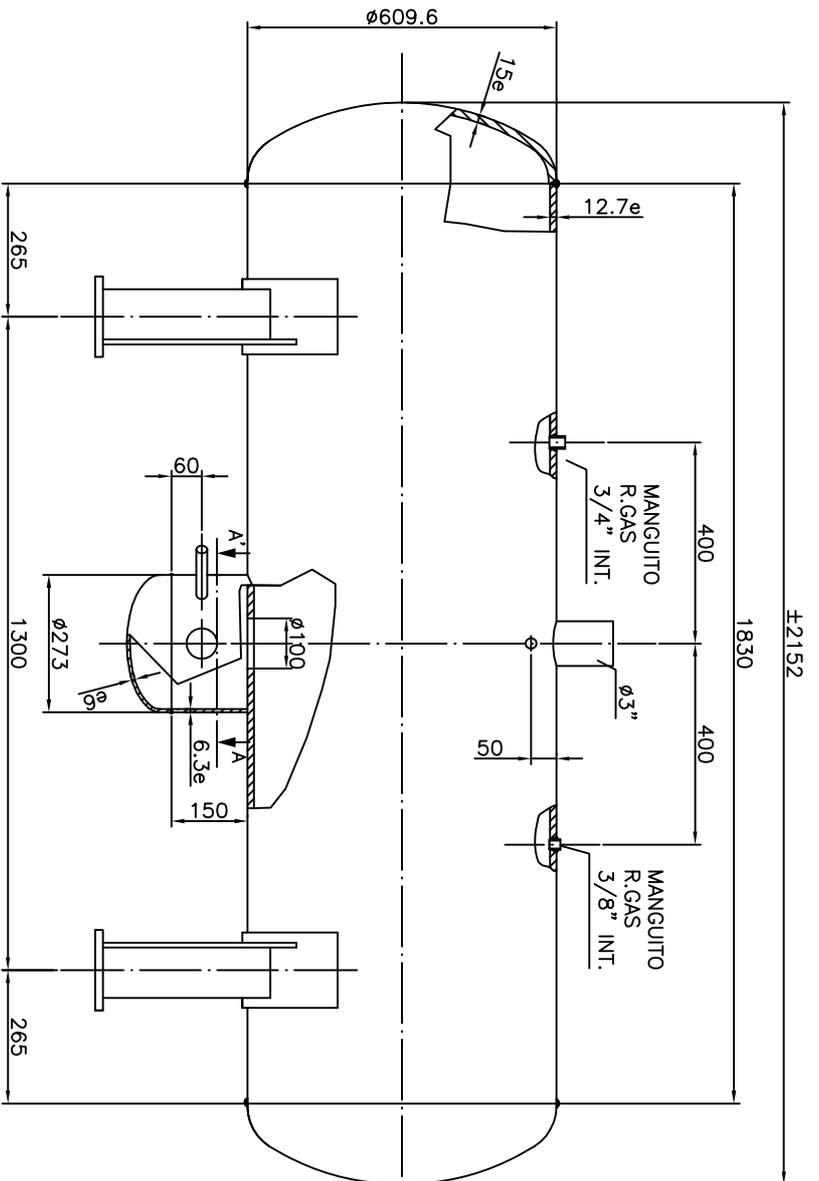
CUADRO DE MANOMETROS



- 2 RESISTENCIAS DE 300W
- BULBO KP77

E.T.S. DE NÁUTICA Y MÁQUINAS		TRABAJO FIN DE CARRERA NÚMERO:
INGENIERÍA MARINA - MANTENIMIENTO E INSTALACIONES		TFG/GEM/M-21-14
TÍTULO DEL PLANO:		
ESQUEMA ACEITE UNIDAD F125		
AUTOR:		FIRMA:
FRANCISCO JAVIER TRILLO VIDAL		
FECHA: 07-08-2014		PLANO Nº: 6.2.1
ESCALA: S/E		

INSTALACIÓN FRIGORÍFICA EN ARRASTRERO CONGELADOR

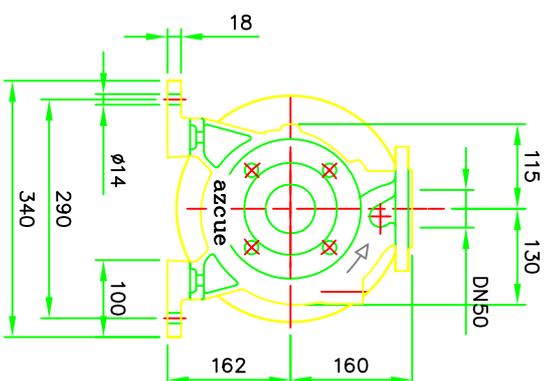
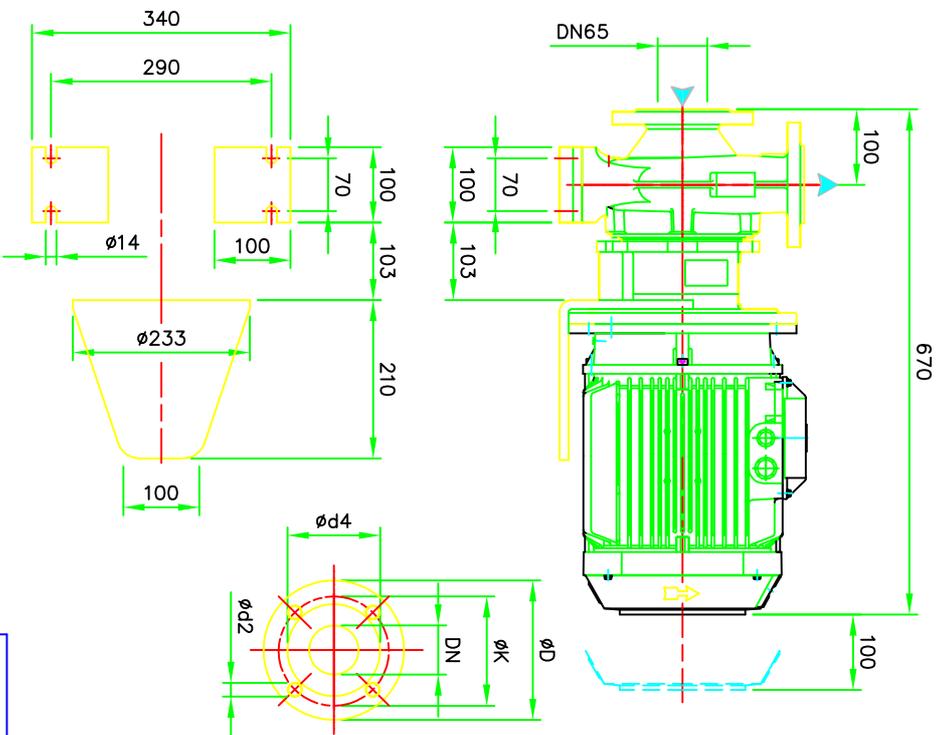


PLANO INFORMATIVO

VOLUMEN APROX.:	540 L
PRESION DE DISEÑO:	27.5 Kg/cm ²
PRESION TRABAJO:	18 Kg/cm ²
PRESION HIDRAULICA:	42 Kg/cm ²
PESO APROX.:	500 Kg
FREON:	R-404A

E.T.S. DE NAUTICA Y MAQUINAS
INGENIERIA MARINA - MANTENIMIENTO E INSTALACIONES
 TRABAJO FIN DE CARRERA NÚMERO: **TFG/GEM/M-21-14**
INSTALACIÓN FRIGORÍFICA EN ARRASTRERO CONGELADOR

TÍTULO DEL PLANO:	FECHA:	07-08-2014
RECIPIENTE DE LIQUIDO	ESCALA:	1:15
AUTOR:	FIRMA:	
FRANCISCO JAVIER TRILLO VIDAL	PLANO Nº:	6.3



DIN 2501, PN16

DN	50	65
d4	102	122
K	125	145
D	165	185
Nº	4	4
d2	18	18

E.T.S. DE NÁUTICA Y MÁQUINAS
INGENIERÍA MARINA - MANTENIMIENTO E INSTALACIONES
 TRABAJO FIN DE CARRERA NÚMERO:
INSTALACIÓN FRIGORÍFICA EN ARRASTRERO CONGELADOR
 TRABAJO FIN DE CARRERA NÚMERO:
TFG/GEM/M-21-14

TÍTULO DEL PLANO:
BOMBA MN-50/125-132SA

FECHA: 07-08-2014

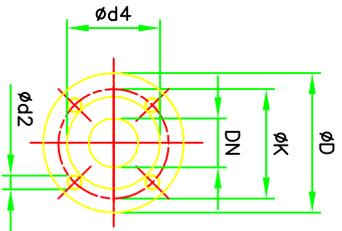
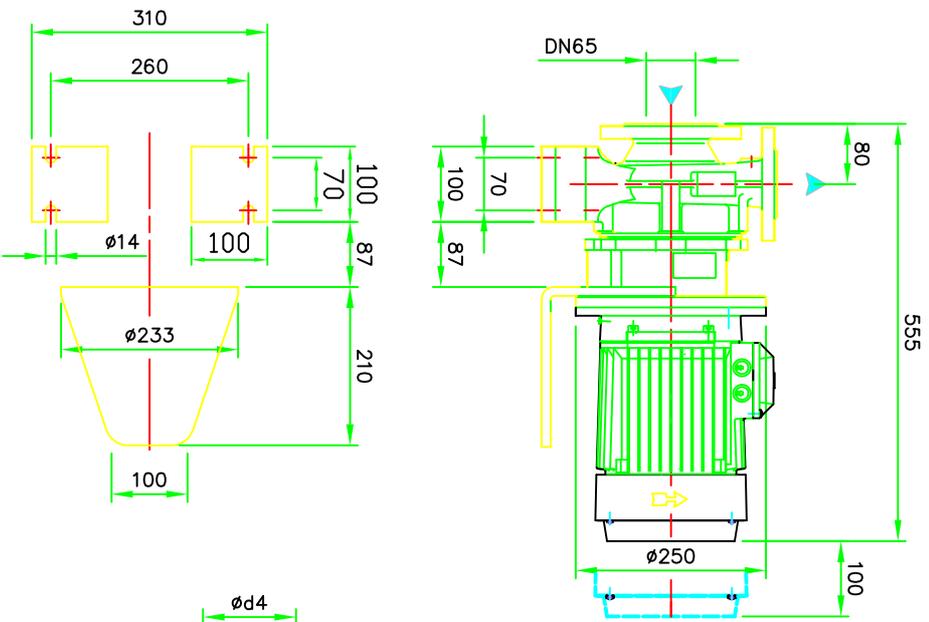
AUTOR:

FIRMA:

ESCALA: 1:10

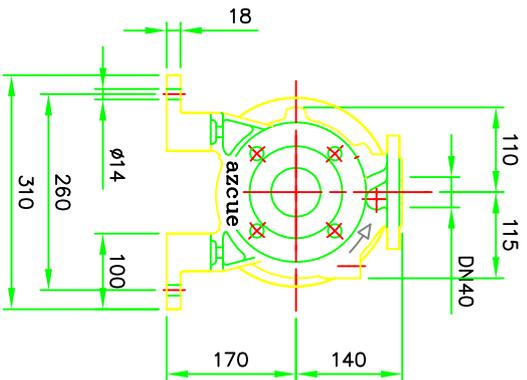
FRANCISCO JAVIER TRILLO VIDAL

PLANO Nº: 6.4.1



DN	40	65
d4	88	122
K	110	145
D	150	185
N°	4	4
d2	18	18

DIN 2501, PN16



E.T.S. DE NÁUTICA Y MÁQUINAS
INGENIERÍA MARINA - MANTENIMIENTO E INSTALACIONES
 TRABAJO FIN DE CARRERA NÚMERO:
INSTALACIÓN FRIGORÍFICA EN ARRASTRERO CONGELADOR
 TRABAJO FIN DE CARRERA NÚMERO:
TFG/GEM/M-21-14

TÍTULO DEL PLANO:
BOMBA MN-40/125-112M

FECHA: 07-08-2014

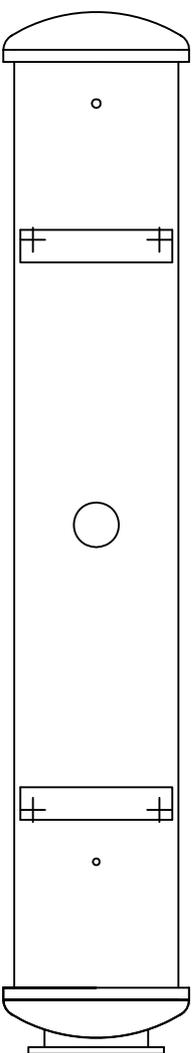
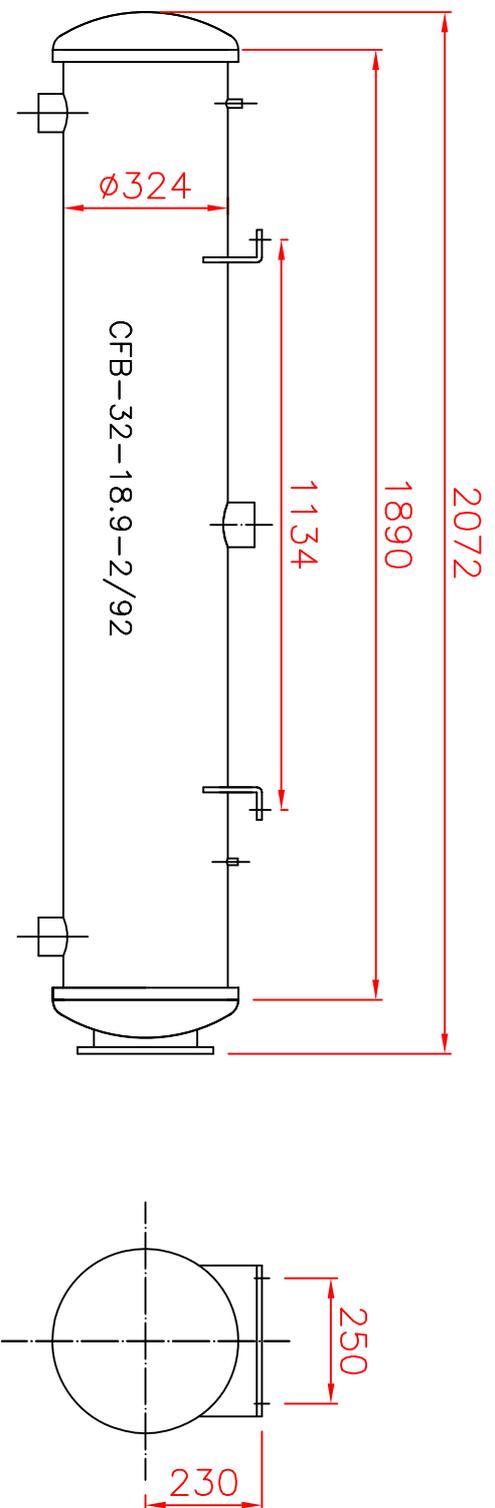
AUTOR:

FIRMA:

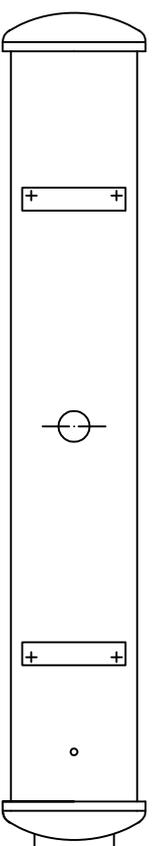
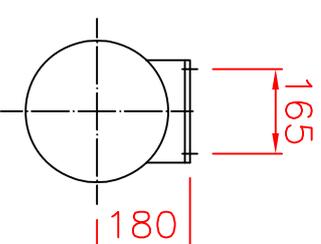
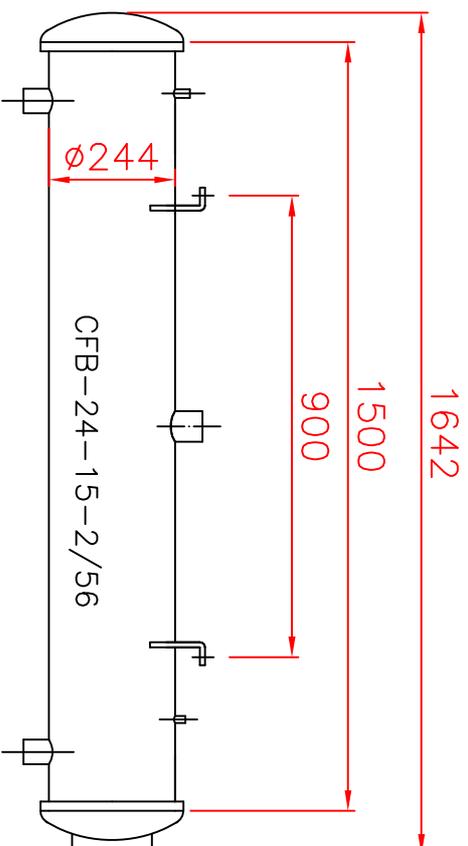
FRANCISCO JAVIER TRILLO VIDAL

ESCALA: 1:10

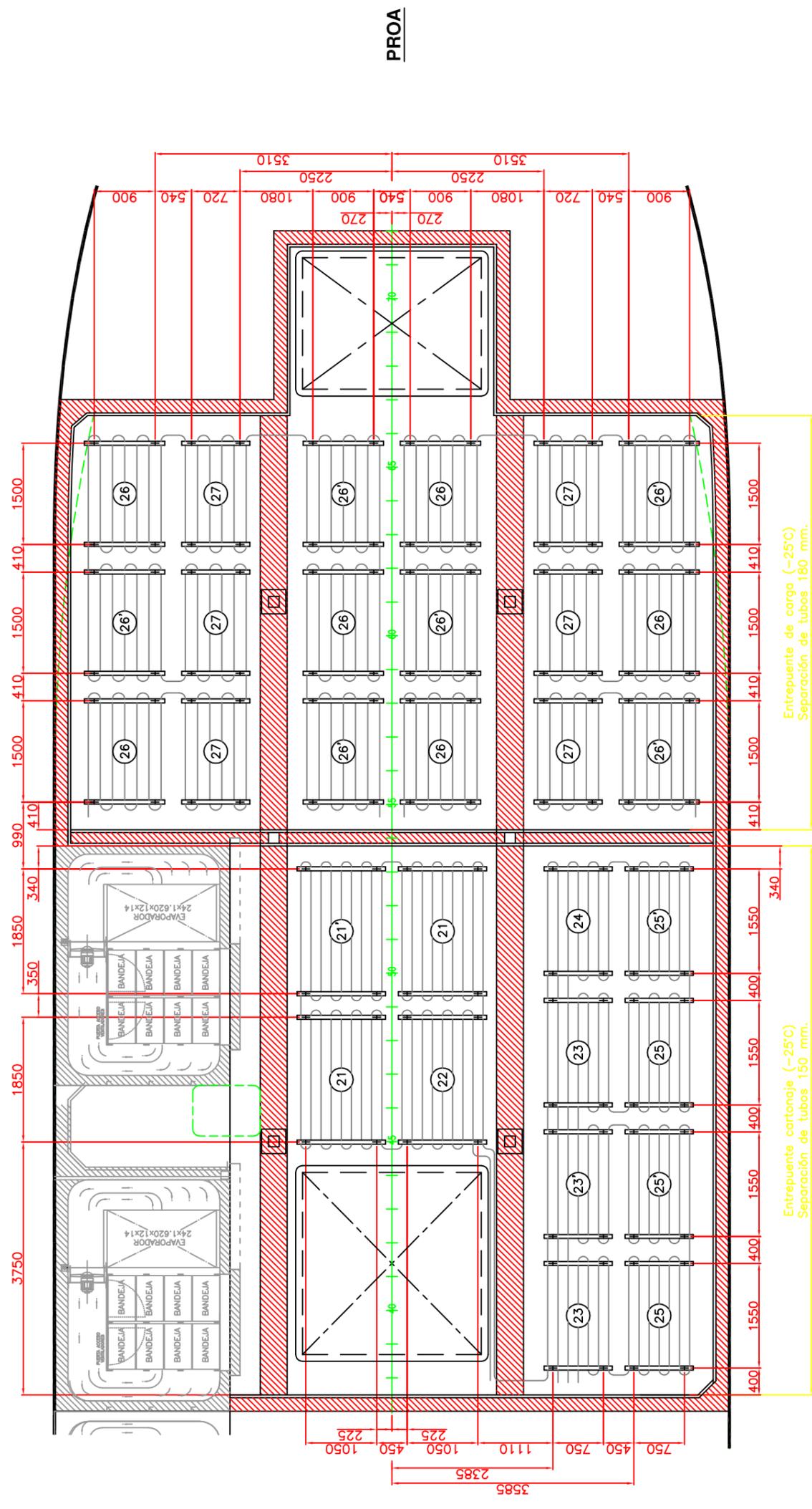
PLANO Nº: 6.4.2



E.T.S. DE NAUTICA Y MAQUINAS		TRABAJO FIN DE CARRERA NÚMERO:
INGENIERÍA MARINA - MANTENIMIENTO E INSTALACIONES		TFG/GEM/M-21-14
TRABAJO FIN DE CARRERA NÚMERO:		
INSTALACIÓN FRIGORÍFICA EN ARRASTRERO CONGELADOR		
TÍTULO DEL PLANO:		
CONDENSADOR CFB-32-18.9-2/92		FECHA: 08-08-2014
AUTOR:	FRMA:	ESCALA: 1:15
FRANCISCO JAVIER TRILLO VIDAL		PLANO Nº: 65.1

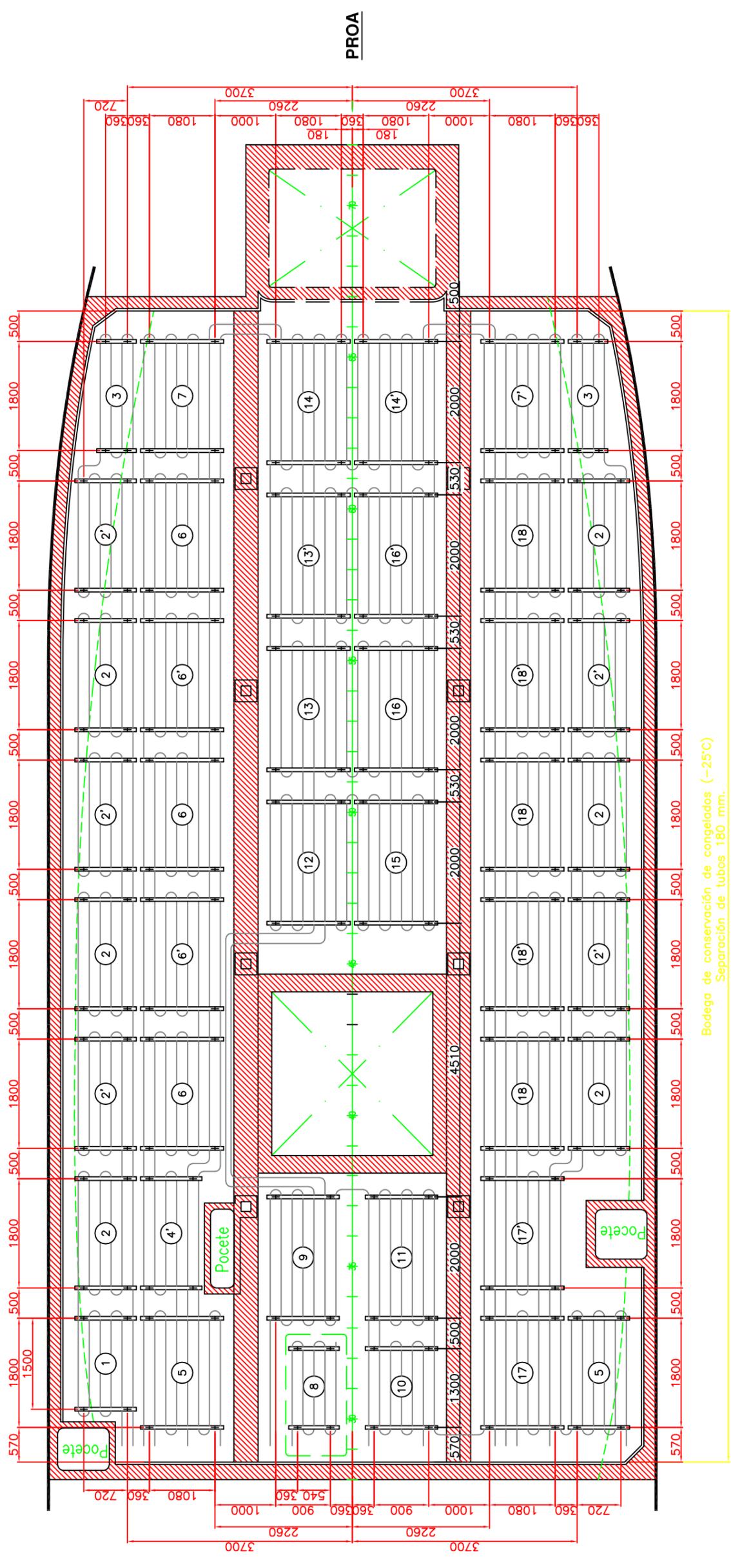


E.T.S. DE NAUTICA Y MAQUINAS		TRABAJO FIN DE CARRERA NÚMERO:
INGENIERÍA MARINA - MANTENIMIENTO E INSTALACIONES		TFG/GEM/M-21-14
TRABAJO FIN DE CARRERA NÚMERO:		
INSTALACIÓN FRIGORÍFICA EN ARRASTRERO CONGELADOR		
TÍTULO DEL PLANO:		
CONDENSADOR CFB-24-15-2/56		FECHA: 08-08-2014
AUTOR:	FRANCISCO JAVIER TRILLO VIDAL	ESCALA: 1:15
FIRMA:		PLANO Nº: 6.5.2



El entrepunte de cartoneaje tiene una separación entre tubos de 150 mm.
 El entrepunte de carga tiene una separación entre tubos de 180 mm.

E.T.S. DE NÁUTICA Y MÁQUINAS		TRABAJO FIN DE CARRERA NÚMERO:	
INGENIERÍA MARINA - MANTENIMIENTO E INSTALACIONES		TFG/GEM/M-21-14	
INSTALACIÓN FRIGORÍFICA EN ARRASTRERO CONGELADOR			
TRABAJO FIN DE CARRERA NÚMERO:			
TÍTULO DEL PLANO:			
DISPOSICIÓN SERPENTINES ENTREPUENTES			
FECHA: 08-08-2014		ESCALA: 1:15	
AUTOR:		FIRMA:	
FRANCISCO JAVIER TRILLO VIDAL		PLANO Nº: 7.1	



E.T.S. DE NÁUTICA Y MÁQUINAS
INGENIERÍA MARINA - MANTENIMIENTO E INSTALACIONES

TRABAJO FIN DE CARRERA NÚMERO:
TFG/GEM/M-21-14

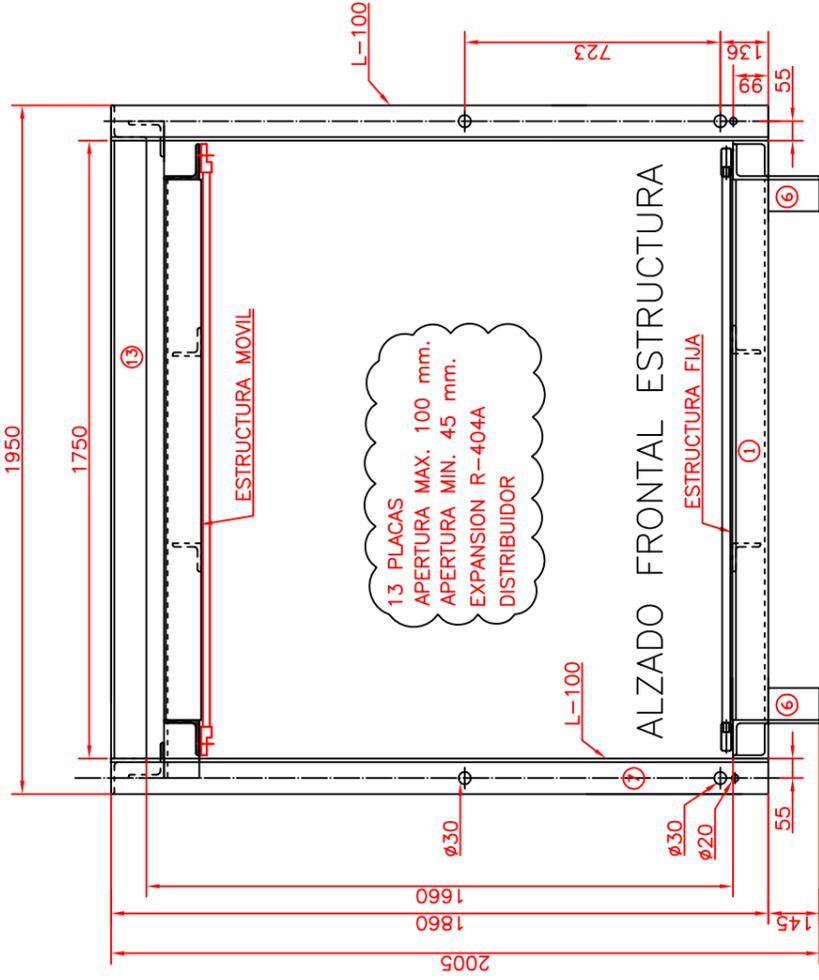
TÍTULO DEL PLANO:
DISPOSICIÓN SERPENTINES BODEGAS

AUTOR:
FRANCISCO JAVIER TRILLO VIDAL

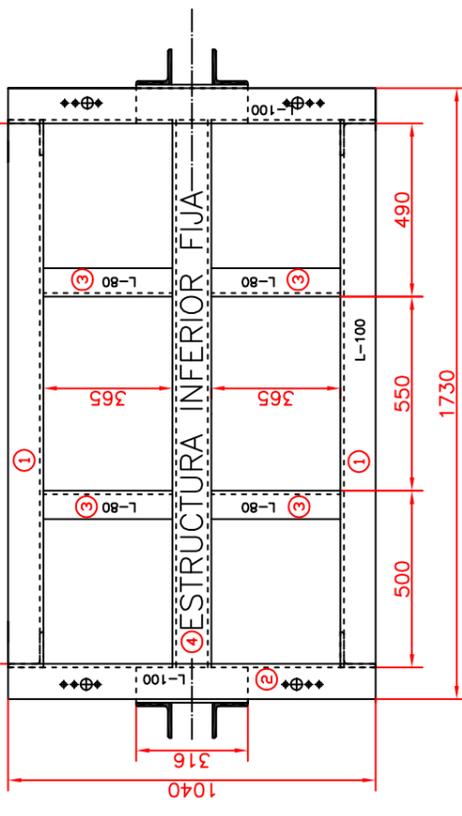
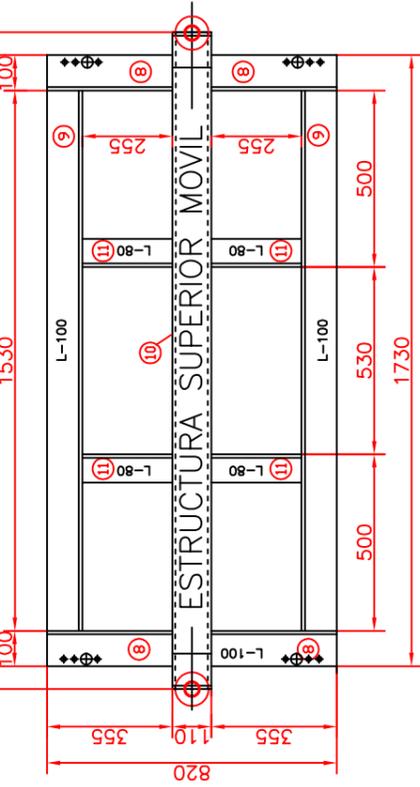
TRABAJO FIN DE CARRERA NÚMERO:
TFG/GEM/M-21-14

FECHA: 08-08-2014
 ESCALA: 1:75
 PLANO Nº: 7.2

INSTALACIÓN FRIGORÍFICA EN ARRASTRERO CONGELADOR



DETALLE ENLACE ESTRUCTURA MOVIL



N°	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	LONGITUD	N°	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	LONGITUD
①	PERFIL L-100	2	1.530	⑨	PERFIL L-100	2	1.530
②	PERFIL L-100	2	1.040	⑩	PERFIL L-100	2	1.860
③	PERFIL L-80	4	365	⑪	PERFIL L-80	4	255
④	PERFIL L-100	2	1.530	⑫	PERFIL L-100	2	110
⑤	PERFIL L-100	2	316	⑬	PERFIL L-100	2	1.750
⑥	PERFIL L-100	4	145	⑭	PERFIL L-100	2	116
⑦	PERFIL L-100	4	1.860				
⑧	PERFIL L-100	4	355				

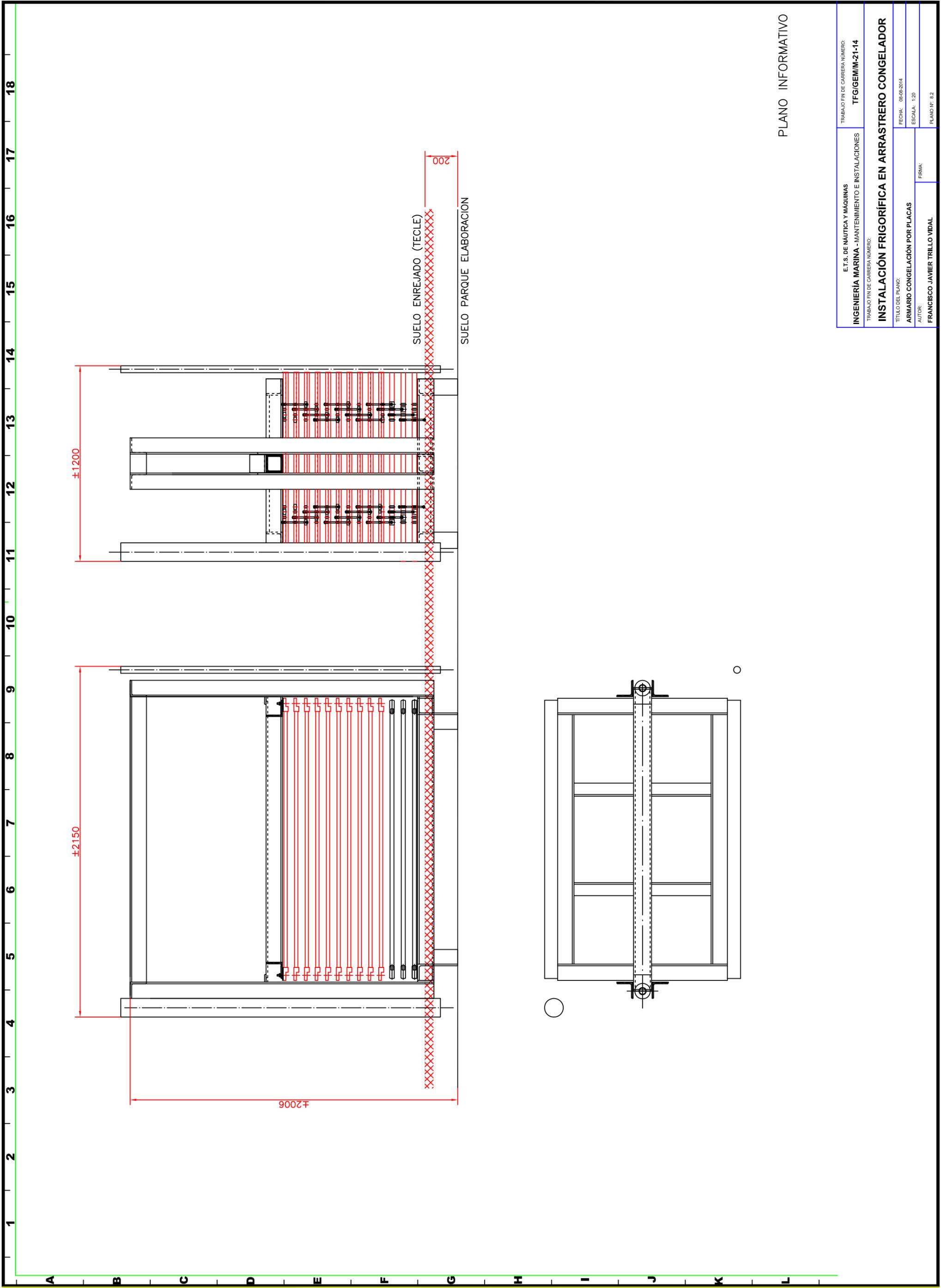
LONGITUD CORTE BARRA 6.000mm L-100
1 → 1.550+1.860+1.040+1.040+355+116=5.961mm
1 → 1.550+1.860+1.550+355+355+145+145=5.960mm
1 → 1.860+1.860+1.860+355=5.935mm
1 → 1.860+1750+1.750+316+316=5.992mm
1 → 1.550+145+145+1.530+110+110+110+116=5.236mm

LONGITUD CORTE BARRA 6.000mm L-80
1 → 365+365+365+365+255+255+255+255=2.440mm

PLANO INFORMATIVO

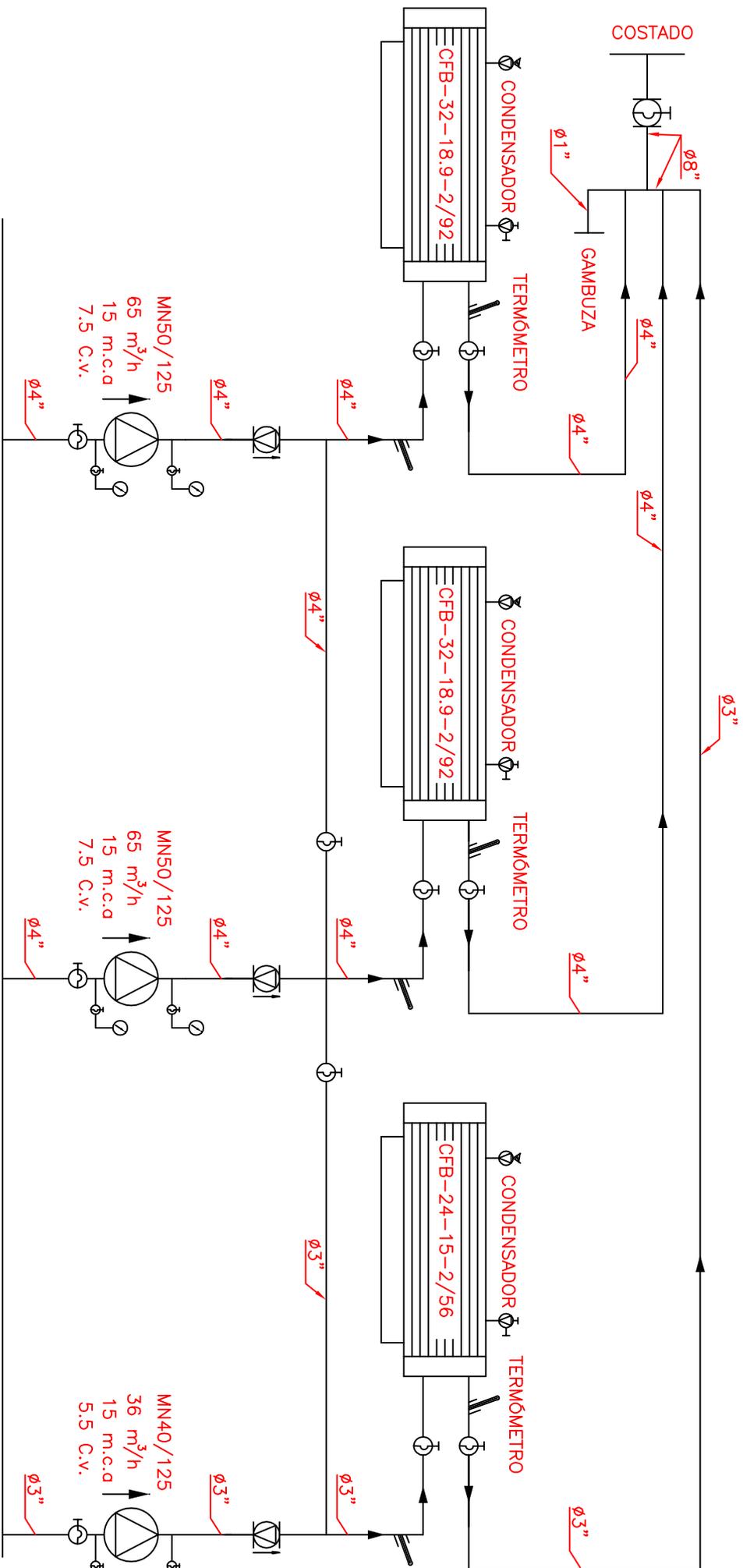
E.T.S. DE NAUTICA Y MAQUINAS		TRABAJO FIN DE CARRERA NÚMERO:	
INGENIERÍA MARINA - MANTENIMIENTO E INSTALACIONES		TFG/GEM/M-21-14	
TRABAJO FIN DE CARRERA NÚMERO:		FECHA: 08-09-2014	
TÍTULO DEL PLANO:		ESCALA: 1:20	
ESTRUCTURA ARMARIO CONGELACIÓN POR PLACAS		AUTOR:	
FRANCISCO JAVIER TRILLO VIDAL		FIRMA:	
PLANO Nº: 8.1			

INSTALACIÓN FRIGORÍFICA EN ARRASTRO CONGELADOR



PLANO INFORMATIVO

E.T.S. DE NAUTICA Y MAQUINAS		TRABAJO FIN DE CARRERA NÚMERO:
INGENIERÍA MARINA - MANTENIMIENTO E INSTALACIONES		TFG/GEM/IM-21-14
TRABAJO FIN DE CARRERA NÚMERO:		
TÍTULO DEL PLANO:		
INSTALACIÓN FRIGORÍFICA EN ARRASTRERO CONGELADOR		
FECHA: 06-09-2014		
ESCALA: 1:20		
AUTOR:		
FRANCISCO JAVIER TRILLO VIDAL		
PLANO Nº: 8.2		



TOMA DE MAR
CON FILTROS

E.T.S. DE NAUTICA Y MAQUINAS
INGENIERIA MARINA - MANTENIMIENTO E INSTALACIONES
TRABAJO FIN DE CARRERA NÚMERO: TFG/GEM/M-21-14
INSTALACIÓN FRIGORÍFICA EN ARRASTRERO CONGELADOR

TÍTULO DEL PLANO: ESQUEMA DE AGUA DE CONDENSACIÓN
AUTOR: FRANCISCO JAVIER TRILLO VIDAL
FECHA: 08-08-2014
ESCALA: S/E
PLANO Nº: 9



“INSTALACIÓN FRIGORÍFICA EN ARRASTRERO CONGELADOR”

PLIEGO DE CONDICIONES

GRADO EN INGENIERÍA MARINA

MANTENIMIENTO E INSTALACIONES

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA Y MÁQUINAS

FECHA: **SEPTIEMBRE-2014**

AUTOR: El alumno

Fdo.: Francisco Javier Trillo Vidal

INDICE DEL PLIEGO DE CONDICIONES**Página**

4	PLIEGO E CONDICIONES.	
4.1	Objeto.	4
4.2	Contenido.	4
4.2.1	Especificaciones de los materiales y equipos de la instalación frigorífica.	4
4.2.1.1	Circuito de túneles y armario de congelación.	4
4.2.1.2	Circuito de bodegas y entrepuentes de conservación.	9
4.2.1.3	Elementos comunes.	12
4.2.1.4	Bandejeros, soportes de ventiladores y chapas deflectoras, para los túneles de congelación.	13
4.2.1.5	Otros accesorios y componentes necesarios para completar la instalación frigorífica.	14
4.2.1.6	El refrigerante de la instalación, el R-404A.	15
4.2.1.7	Tuberías.	22
4.2.1.8	Estructuras metálicas y polines.	25
4.2.1.9	Soldaduras.	25
4.2.1.10	Aislamientos térmicos.	25
4.2.1.11	Condiciones generales que deben reunir los proveedores de los equipos y las empresas instaladoras.	26
4.2.1.12	Condiciones que deben reunir los materiales en general.	28
4.2.2	Reglamentación y normativa.	29

4.2.2.1	Criterios de la sociedad de clasificación ABS, sobre el sistema de refrigeración.	30
4.2.2.2	Cumplimiento del Reglamento de Seguridad para plantas e Instalaciones Frigoríficas.	34
4.2.3	Condiciones de índole facultativa.	39
4.2.3.1	Condiciones relativas a la dirección facultativa.	39
4.2.3.2	Condiciones relativas a la propiedad.	41
4.2.3.3	Condiciones relativas al contratista o empresa instaladora.	41
4.2.3.4	Condiciones referentes a aspectos económicos.	45
4.2.3.5	Condiciones referentes a plazos.	46
4.2.3.6	Medición definitiva de los trabajos y liquidación final de la obra.	47
4.2.3.7	Plazo de garantía.	47

4. PLIEGO DE CONDICIONES.

4.1 Objeto.

Este Pliego de Condiciones tiene por finalidad regular la ejecución de esta instalación frigorífica, fijando los niveles técnicos y de calidad exigibles, precisando las intervenciones que correspondan, según el contrato y con arreglo a la legislación aplicable, al Armador (propiedad), al Astillero y a la empresa instaladora, sus técnicos o encargados, el Jefe de buque (Astillero) y el Jefe de obra (Instaladora), así como las relaciones entre todos ellos y sus correspondientes obligaciones en orden al cumplimiento del contrato de obra. A su vez comprende la descripción y el conjunto de características que tienen y deberán cumplir los materiales empleados en la instalación, así como las técnicas para llevar a cabo la misma y la reglamentación que aplica a la misma.

4.2 Contenido.

4.2.1 Especificaciones de los materiales y equipos de la instalación frigorífica.

En este apartado se citarán todo los equipos que conforman la instalación frigorífica:

4.2.1.1 Circuito de túneles y armario de congelación.

DOS UNIDADES COMPRESORAS, tipo tornillo, marca MYCOM, con compresores modelos F160VSD-HE, para R-404A, con economizador, con las siguientes características técnicas unitarias:

- Capacidad frigorífica	106,3	Kw.
- Temperatura de evaporación	- 35	°C.
- Temperatura de condensación	+40	°C.
- Potencia absorbida	85,6	Kw.

- Potencia instalada 110 Kw.

Cada unidad compresora MYCOM estará dotada de:

UN MOTOR eléctrico de rotor bobinado en cortocircuito, ejecución horizontal, marca LEROY SOMER, modelo, con las siguientes características técnicas:

- Potencia	110	Kw.
- Corriente	380 V – 50 Hz – III.	
- Velocidad	3.000	r.p.m.
- Protección	IP-23.	

CUATRO APOYOS DEL MOTOR REGULABLES. Sistema de apoyos regulables para la alineación de motor y compresor.

UN FILTRO DE ASPIRACIÓN, DN100.

UNA VALVULA RETENCION DE ASPIRACIÓN, marca MYCOM, tipo mariposa.

UNA VALVULA DE CIERRE/ RETENCIÓN EN LA DESCARGA.

UN SEPARADOR DE ACEITE tipo vertical, con los siguientes accesorios:

- Calentador de aceite.
- Válvula para purga.
- Válvula para carga de aceite
- Válvulas de corte a la salida del separador, enfriador, bomba y filtro.
- Conexiones roscadas para la medición de temperatura de aceite y la temperatura del gas en la descarga.
- Conexiones roscadas con válvulas para la medición de la presión de descarga.

DOBLE VALVULA DE SEGURIDAD PARA EL SEPARADOR DE ACEITE.

DOS FILTROS DE ACEITE, marca MYCOM, modelo OFC-50.

UNA BOMBA DE ACEITE, marca MYCOM, modelo F60P-M.

UN ENFRIADOR DE ACEITE, tipo placas, marca SWEP, modelo B45x80, para el enfriamiento del aceite por el sistema termosifón.

UN CIRCUITO DE ACEITE.

UN SISTEMA ECONOMIZADOR, formado por intercambiador de placas marca SWEP, modelo B45x40 y los demás elementos de control necesarios.

SISTEMA DE REGULACIÓN DE CAPACIDAD ENTRE EL 10 EL 100%.

UN PANEL DE MANOMETROS Y PRESOSTATOS, formado por los siguientes elementos:

- Un presostato de alta presión, marca DANFOSS, modelo RT1A.
- Un presostato de baja presión, marca DANFOSS, modelo RT5A.
- Dos presostatos diferenciales de aceite, marca DANFOSS, modelo MP55, para instalar uno antes y otro después del filtro.
- Un termostato marca DANFOSS, modelo KP81, para medir la temperatura de descarga.
- Un termostato marca DANFOSS, modelo KP77, para medir la temperatura del aceite.
- Tres manómetros, marca WIKA, de Ø100 mm, uno para medir alta presión, otro para medir baja presión y otro para la medir la presión de aceite.

UN BANCDA METÁLICA, fabricada con perfiles normalizados tipo UPN y angular, sobre la que se ubicarán todos los elementos hasta este punto enumerados.

- LA UNIDAD TAMBIEN INCLUYE:

- Tuberías en la unidad.
- Ensamblaje.
- Limpieza.
- Prueba de presión hidráulica, para los aparatos a presión según reglamentación vigente.

DOS CONDENSADORES adecuados para agua de mar, tipo multitubular, fabricación horizontal, de las siguientes características:

- Marca	INTEGASA.
- Modelo	CFB-32-20-2/92.
- Haz tubular	CUNI 90/10.
- Placas tubulares	BIMETALICAS.
- Cabezales	BRONCE.
- Capacidad	275 Kw.

DOS ELECTROBOMBAS centrífugas, ejecución horizontal, no autoaspirantes, fabricadas en bronce, con el eje de acero inoxidable e impulsor de bronce, y de las siguientes características técnicas:

- Marca	AZCUE.
- Modelo	MN50/125.
- Caudal	65 m ³ /h.
- Presión	15 m.c.a.
- Potencia	5,5 Kw.
- Velocidad de giro	3.000 r.p.m.

TRES EQUIPOS DE INYECCIÓN DE LÍQUIDO, uno para cada túnel, formados cada uno de ellos por los siguientes elementos:

- 1 Válvula de expansión termostática con equilibrio externo de presión, marca DANFOSS, modelo TES-12
- 3 Válvulas de corte.
- 1 Válvula de solenoide, marca DANFOSS, modelo EVR-15

TRES EVAPORADORES, uno para cada túnel, contruidos con tubo de acero sin soldadura de 20 mm de diámetro exterior y aleta plana de acero, y después de terminados y probados a presión, se galvanizan por inmersión en baño de zinc caliente. La superficie de transmisión de cada evaporador es de 325 m², y la separación de aletas es de 14 mm.

- Marca	CANFRIVENT.
- Modelo	ST-24x12x1620x14.
- Superficie de intercambio	325 m ² .

SEIS ELECTROVENTILADORES, dos para cada túnel, aptos para ambientes húmedos y bajas temperaturas, de las siguientes características técnicas:

- Marca	WOODS.
- Modelo	50JM/20/2/6/32.
- Caudal	16.000 m ³ /h.
- Presión estática	25 mm.c.a.
- Velocidad de giro	3.000 r.p.m.
- Potencia	6,2 Kw.

TRES TERMOSTATOS – INDICADORES digitales para control de la temperatura de los túneles, rango –40/+40 °C.

UN REGISTRADOR DE TEMPERATURAS del tipo aprobado por la Administración, para registro de la temperatura de los túneles.

UN ARMARIO DE CONGELACIÓN POR PLACAS, tipo horizontal, de las siguientes características técnicas:

- Marca	FRIMARTE.
- Modelo	H-1550x1200-12-HX(13)
- Tipo de producto	Pescado.
- Capacidad de congelación por ciclo	810 Kg./ciclo.
- Tiempo estimado de congelación	120 minutos.
- Nº de estaciones	12.
- Nº de placas	13.
- Dimensiones útiles placas	1.550 x 1.200 mm.
- Temperatura entrada	+15 °C.
- Temperatura final en espina	-18 °C.
- Refrigerante	R-404A.

- Velocidad 3.000 r.p.m.
- Protección IP-23.

CUATRO APOYOS DEL MOTOR REGULABLES. Sistema de apoyos regulables para la alineación de motor y compresor.

UN FILTRO DE ASPIRACIÓN, DN100.

UNA VALVULA RETENCION DE ASPIRACIÓN, marca MYCOM, tipo mariposa.

UNA VALVULA DE CIERRE/ RETENCIÓN EN LA DESCARGA.

UN SEPARADOR DE ACEITE tipo vertical, con los siguientes accesorios:

- Calentador de aceite.
- Válvula para purga.
- Válvula para carga de aceite
- Válvulas de corte a la salida del separador, enfriador, bomba y filtro.
- Conexiones roscadas para la medición de temperatura de aceite y la temperatura del gas en la descarga.
- Conexiones roscadas con válvulas para la medición de la presión de descarga.

DOBLE VALVULA DE SEGURIDAD PARA EL SEPARADOR DE ACEITE.

DOS FILTROS DE ACEITE, marca MYCOM, modelo OFC-50.

UNA BOMBA DE ACEITE, marca MYCOM, modelo F60P-M.

UN ENFRIADOR DE ACEITE, tipo placas, marca SWEP, modelo B45x40, para el enfriamiento del aceite por el sistema termosifón.

UN CIRCUITO DE ACEITE.

UN SISTEMA ECONOMIZADOR, formado por intercambiador de placas marca SWEP, modelo B80x30 y los demás elementos de control necesarios.

SISTEMA DE REGULACIÓN DE CAPACIDAD ENTRE EL 10 EL 100%.

UN PANEL DE MANOMETROS Y PRESOSTATOS, formado por los siguientes elementos:

- Un presostato de alta presión, marca DANFOSS, modelo RT1A.
- Un presostato de baja presión, marca DANFOSS, modelo RT5A.
- Dos presostatos diferenciales de aceite, marca DANFOSS, modelo MP55, para instalar uno antes y otro después del filtro.
- Un termostato marca DANFOSS, modelo KP81, para medir la temperatura de descarga.
- Un termostato marca DANFOSS, modelo KP77, para medir la temperatura del aceite.
- Tres manómetros, marca WIKA, de Ø100 mm, uno para medir alta presión, otro para medir baja presión y otro para la medir la presión de aceite.

UN BANCDA METÁLICA, fabricada con perfiles normalizados tipo UPN y angular, sobre la que se ubicarán todos los elementos hasta este punto enumerados.

- LA UNIDAD TAMBIEN INCLUYE:

- Tuberías en la unidad.
- Ensamblaje.
- Limpieza.
- Prueba de presión hidráulica, para los aparatos a presión según reglamentación vigente.

UN CONDENSADOR adecuado para agua de mar, tipo multitubular, fabricación horizontal, de las siguientes características:

- | | |
|--------------------|-----------------|
| - Marca | INTEGASA. |
| - Modelo | CFB-24-15-2/56. |
| - Haz tubular | CUNI 90/10. |
| - Placas tubulares | BIMETALICAS. |
| - Cabezales | BRONCE. |
| - Capacidad | 132 Kw. |

UNA ELECTROBOMBA centrífuga, ejecución horizontal, no autoaspirante, fabricada en bronce, con el eje de acero inoxidable e impulsor de bronce, y de las siguientes características técnicas:

- Marca	AZCUE.	
- Modelo	MN40/125.	
- Caudal	32	m ³ /h.
- Presión	15	m.c.a.
- Potencia	4	Kw.
- Velocidad de giro	3.000	r.p.m.

UNA ESTACIÓN DE INYECCIÓN DE LÍQUIDO, para la bodega entrepuentes formado por los siguientes elementos:

- 11 Válvula de expansión termostática con equilibrio externo de presión, marca DANFOSS, modelo TES-2.
- 33 Válvulas de corte.
- 3 Válvula de solenoide, marca DANFOSS, modelo EVR-10 y EVR-6.

UN JUEGO DE SERPENTINES para colocar en el techo de las bodegas, contruidos con tubería de acero estirado s/s norma DIN-2440, calidad ST-35, aleteado exteriormente con pletina de acero, altura de aleta 25 mm., separación de aleta 18 mm. y galvanizados en caliente, por inmersión en baño de zinc.
Superficie total de transmisión 750 m².

TRES TERMOSTATOS – INDICADORES digitales para control de la temperatura de la boega y e los dos entrepuentes, rango –40/+40 °C.

UN REGISTRADOR DE TEMPERATURAS del tipo aprobado por la Administración, para registro de la temperatura de las bodegas.

4.2.1.3 Elementos comunes.

UN RECIPIENTE DE LÍQUIDO horizontal, de capacidad aproximada 500 l., fabricado en acero con los fondos esféricos del mismo material, que se suministra con sus válvulas y visores correspondientes.

- Marca	FRIMARTE.	
- Modelo	RL-500-H.	
- Capacidad real	540	dm3.
- Presión de diseño	27	bar.
- Diámetro de virola	610	mm.
- Longitud de virola	1830	mm.

UNA ESTACIÓN DE CARGA Y FILTRADO compuesta, por un filtro deshidratador, dotado de núcleos de carga sólida recambiable y montado entre válvulas de paso.

- Marca	PECOMARK.
- Modelo	DRS-2184

UN CUADRO ELÉCTRICO general de la instalación, donde se ubicarán los siguientes elementos: interruptor general, secuenciador de fases, equipos de medida, interruptor de maniobra, fusibles, magnetotérmicos para las resistencias eléctricas, contactores, arrancadores estrella-triángulo para motores de más de 10CV y un autómata general programable para realizar el control de las unidades, visualizar y modificar parámetros, etc... Todo ello montado y debidamente cableado en el interior de un armario metálico pintado al fuego.

4.2.1.4 Bandejeros, soportes de ventiladores y chapas deflectoras, para los túneles de congelación.

TRES CONJUNTOS DE BANDEJEROS, SOPORTES DE VENTILADORES Y CHAPAS DEFLECTORAS, uno para cada túnel de congelación, compuestos cada uno de ellos por:

- Bandejero inox fabricado con pletina de 80 x 10 mm. y angular L-40.
- Chapa soporte de ventiladores espesor 3 mm.

- Cierre de todo el contorno del evaporador.
- Chapa deflectora de aire situada en zona posterior del evaporador.
- Cierre posterior del bandejero, con portillo practicable para acceso a ventiladores.

4.2.1.5 Otros accesorios y componentes necesarios para completar la instalación frigorífica.

TUBERÍA Y VALVULERÍA en las cantidades y diámetros necesarios. La tubería será de acero estirado sin soldadura, cincada exteriormente, ASTM 333 GR 6 hasta 1/2" de diámetro y según DIN 2448 calidad St 35.8.I para los diámetros mayores, incluso soportes, p.p. de piezas especiales.

Para los circuitos auxiliares de R-404A será de cobre especial para instalaciones frigoríficas según la norma EN 12735-1.

AISLAMIENTO TÉRMICO DE LAS TUBERÍAS Y RECIPIENTES que lo precisen. Con coquillas de poliuretano en los circuitos de baja temperatura, acabado en fibra de vidrio y mano final de top-coat blanco. La tubería de aspiración de la sala de trabajo se aislará con Armaflex.

INTERCONEXIONADO ENTRE LOS CIRCUITOS de túneles y armario, con el de bodegas para que los compresores puedan atender cualquier servicio en caso de emergencia.

TRES TERMÓMETROS de esfera de diámetro 100 mm. para túneles de congelación.

TRES TERMÓMETROS de esfera de diámetro 100 mm. para bodegas.

Primera carga de REFRIGERANTE R-404A Y ACEITE INCONGELABLE.

NITRÓGENO SECO para pruebas de presión.

MONTAJE completo de la instalación, incluyendo desplazamientos, dietas y honorarios de nuestros montadores.

PRUEBAS de presión, de vacío y de puesta en marcha.

PASAMAMPAROS pases de esloras y baos fuertes en caso de que sean necesarios para la instalación frigorífica.

CABLEADOS ELÉCTRICOS, tanto de acometida al cuadro como desde este a los elementos receptores.

POLINES (siempre son suministro del astillero constructor del buque).

SOPORTES para serpentines de bodegas.

AISLAMIENTO TÉRMICO DE LOS RECINTOS de bodegas y túneles de congelación.

TUBERÍA Y VALVULERÍA para el circuito de agua de condensación.

4.2.1.6 El refrigerante de la instalación, el R-404A.

No existe un refrigerante ideal para todas las instalaciones, sino que para cada instalación hay el refrigerante más adecuado.

Teniendo en cuenta nuestras temperaturas de trabajo, los refrigerantes halogenados más acordes a nuestra instalación son el R-404A y el R-507A.

El R-404A es una mezcla azeotrópica con un ODP igual a 0. Es un refrigerante utilizado en baja y media temperatura. Se considera una mezcla quasi-azeotrópica ya que el deslizamiento de temperatura que se produce es inferior a un 1°C. Aún así, se debe tener en cuenta que en caso de fuga, un componente fugará antes que el resto y provocará que las características del refrigerante cambien. Los aceites que se utilizan con el R-404A son aceites sintéticos poliolester (POE).

El R-507A es una mezcla azeotrópica con un ODP igual a 0. Al igual que el R-404A, es un refrigerante utilizado en baja y media temperatura y se utiliza con aceites POE.

Ambos refrigerantes son muy similares, pero finalmente de acuerdo con el armador, se ha decidido que el refrigerante utilizado para las nuevas instalaciones de los túneles sea el R-404A.

El R-404A, es un refrigerante del tipo HFC (Hidrofluorocarburos), es decir que contiene H, F Y C en su molécula. Son compuestos que no agotan la capa de ozono ya que poseen ODP nulo, pero contribuyen al efecto invernadero.

DESCRIPCIÓN DEL REFRIGERANTE R-404A:

Composición:

Mezcla a base de:

- Trifluoretano (HFC 143a): 52%
- Pentafluoretano (HFC 125): 44%
- Tetrafluoretano (HFC 134a): 4%

Propiedades físicas y químicas:

- Aspecto: Gas licuado
- Color: Incoloro
- Olor: Ligeramente etéreo
- Punto de ebullición (°C): -47.2 a -46.4 Gama de destilación.
- Presión de vapor (mm Hg): 8270 a 20°C
- Densidad (g/ml): 1.06 a 20°C
- Solubilidad en agua: Insoluble
- Solubilidad en otros: Soluble en disolventes clorados, alcoholes, ésteres.
- Densidad del vapor (Aire=1): 3.42 aprox. a la temperatura del punto de burbuja.

Identificación de los peligros:

- Toxicidad aguda baja.
- Altas exposiciones pueden ocasionar un ritmo cardíaco anómalo y pueden resultar repentinamente fatales.
- Concentraciones atmosféricas muy altas pueden producir efectos anestésicos y asfixia.
- Las salpicaduras de líquido o el aerosol pueden causar quemaduras por congelación en la piel y los ojos.

Primeros auxilios:

Para exposiciones al líquido o al aerolos, la recomendación de primeros auxilios dada para contacto con la piel, contacto con los ojos e ingestión, es igualmente aplicable.

- *Inhalación:* Apartar al paciente del lugar de exposición; mantenerlo abrigado y en reposo. Administrar oxígeno si es necesario. Aplicar la respiración artificial, si ha cesado la respiración o hay síntomas de ello. En la eventualidad de paro cardíaco, aplicar masaje cardíaco externo. Acudir al médico inmediatamente.
- *Contacto con la piel:* Descongelar las zonas afectadas con agua. Quitarse la ropa contaminada.

Atención: la ropa puede adherirse a la piel en el caso de quemaduras por congelación. Si hay contacto con la piel, lávese inmediata y abundantemente con agua caliente. Si se produce irritación o bien se forman ampollas, acudir al médico.

- *Contacto con los ojos:* Irrigar inmediatamente con solución ocular o con agua clara manteniendo los párpados separados durante 10 minutos como mínimo. Acudir al médico de inmediato.
- *Ingestión:* Riesgo improbable. No provocar el vómito. En el supuesto que el paciente esté consciente, lavar la boca con agua y dar a beber 200-300 ml. de agua. Acudir inmediatamente al médico.
- *Tratamiento médico adicional:* Tratamiento sintomático y terapia de apoyo según se indique. Después de una exposición debe evitarse la administración de adrenalina u otras drogas simpatomimétricas similares, ya que puede producirse una arritmia cardíaca con un posible paro cardíaco posterior.

Medidas contraincendios:

Este refrigerante no es inflamable en el aire en condiciones normales de temperatura y presión. Ciertas mezclas de este refrigerante y aire bajo presión pueden resultar inflamables.

Deben evitarse las mezclas de este refrigerante y aire bajo presión. La descomposición térmica desprende vapores muy tóxicos y corrosivos (fluoruro de hidrógeno).

Los envases pueden reventar si se sobrecalientan.

- *Medios de extinción adecuados:* Como sea adecuado para el fuego circundante. Usar agua pulverizada para enfriar los recipientes.
- *Equipo protector para la lucha contra incendios:* En un incendio debe usarse un equipo de respiración autónomo e indumentaria de protección total.

Medidas a tomar en caso de escape o vertido accidental:

Asegúrese de usar protección personal adecuada (incluyendo protección respiratoria) durante la eliminación de los derrames. Aislar el origen de la pérdida, siempre que se pueda hacer sin peligro. Dejar que pequeños derrames se evaporen, siempre que exista suficiente ventilación.

- *Grandes derrames:* ventilar la zona. Contener los derrames con arena, tierra u otro material adsorbente adecuado. Evitar que el líquido penetre en los desagües, sumideros, sótanos y fosos, ya que el vapor puede crear una atmósfera no respirable.

Manipulación y almacenamiento:

- *Manipulación:* Evítese la inhalación de altas concentraciones de vapores. Las concentraciones en la atmósfera deben controlarse para que cumplan con el Límite de Exposición Ocupacional. El vapor es más pesado que el aire. Cuando la ventilación es insuficiente, en las partes bajas pueden acumularse concentraciones elevadas. En estos casos disponer una ventilación adecuada o bien usar un equipo de protección respiratoria apropiado con presión positiva de aire. Evítese el contacto con el fuego directo y las superficies calientes, ya que pueden formarse productos de descomposición corrosivos muy tóxicos.

Evitar el contacto del líquido con la piel y los ojos. Para obtener la composición correcta de refrigerante, los sistemas deben cargarse usando la fase líquida y

no la fase vapor. Este proceso puede ocasionar la generación de electricidad estática. Asegurarse de que existe una conexión a tierra adecuada.

- *Almacenamiento:* Conservar en un lugar bien ventilado. Mantener el producto en un lugar fresco, alejado de cualquier riesgo de incendio, de la luz solar directa y de toda fuente de calor como radiadores de vapor o eléctricos. Evitar el almacenamiento cerca de la toma de unidades de aire acondicionado, calderas o desagües abiertos.
- *Botellas y contenedores:* Manténgase el recipiente en lugar seco. Temperatura de almacenamiento: <45°C.

Controles de exposición y equipo de protección personal:

Usar indumentaria y guantes adecuados y protección para los ojos/la cara. Usar guantes termo-aislantes al manipular gases licuados.

En casos de ventilación insuficiente, en los cuales es posible a exposición a altas concentraciones de vapor, deberá utilizarse un equipo de protección respiratoria adecuado con presión positiva de aire.

Límites de Exposición Ocupacional (TLV'S):

- HFC 143a (8 horas TWA): 1000 ppm
- HFC 125 (8 horas TWA): 1000 ppm
- HFC 134a (8 horas TWA): 1000 ppm

Estabilidad y reactividad:

- *Reacciones peligrosas:* Ciertas mezclas de HFC y cloro pueden ser inflamables o reactivas en determinadas condiciones.
- *Materiales incompatibles:* Metales finamente divididos, magnesio y aleaciones conteniendo más de un 2% de magnesio.

Puede reaccionar violentamente si entra en contacto con metales alcalinos y metales alcalinotérreos, sodio, potasio y bario.

- *Producto(s) de descomposición peligroso(s):* Fluoruro de hidrógeno por descomposición térmica e hidrólisis y cloruro de hidrógeno.

Información toxicológica:

- *Inhalación:* Altas exposiciones pueden ocasionar n ritmo cardíaco anómalo y pueden resultar repentinamente fatales. Concentraciones atmosféricas muy altas pueden producir efectos anestésicos y asfixia.
- *Contacto con la piel:* Las salpicaduras del líquido o las pulverizaciones pueden causar quemaduras por frío. Es improbable que sea peligroso por absorción a través del la piel.
- *Contacto con los ojos:* Las salpicaduras de líquido a baja temperatura o el aerolos pueden causar quemaduras por congelación.
- *Ingestión:* Es muy improbable, pero si ocurriera, produciría quemaduras por frío.
- *Exposición a largo plazo:*

HFC 143a: un estudio de inhalación en animales ha demostrado que exposiciones repetidas no producen efectos significativos (40,000 ppm en ratas).

HFC 125: un estudio de inhalación en animales ha demostrado que exposiciones repetidas no producen efectos significativos (50,000 ppm en ratas).

HFC 134a: un estudio de inhalación en el curso de la vida de ratas ha demostrado que la exposición a 50,000 ppm produce tumores benignos en los testículos pero se considera que no es pertinente para seres humanos expuestos al HFC 134a al límite de exposición ocupacional o por debajo de éste.

Información ecológica:

- *Persistencia y Degradación:*

HFC 143a: se descompone lentamente en la atmósfera inferior (troposfera). Permanencia en la atmósfera: 48 años. No degrada el ozono. HGWP: 1,0 (referencia R 11 = 1).

HFC 125: se descompone lentamente en la atmósfera inferior (troposfera). El tiempo de permanencia en la atmósfera es de 33 años. No degrada el ozono. HGWP: de 0,70 (referencia ODP: R 11 = 1).

HFC 134a: se descompone de una forma relativamente rápida en la atmósfera inferior (troposfera). El tiempo de permanencia en la atmósfera es de 14.6 años. HGWP: de 0,30 (referencia ODP: R 11 = 1)

HFC 143a, HFC 125, HFC 134a: no ejercen una influencia en la niebla fotoquímica (es decir, no son COV, en los términos del acuerdo de la UNECE). No degradan el ozono.

Efecto en el tratamiento del efluente. Las emisiones del producto irán a la atmósfera y no darán lugar a una contaminación acuosa a largo plazo.

Consideraciones sobre la eliminación de producto:

Mejor recuperarlo y reciclarlo. Si esto no es posible, la destrucción deberá llevarse a cabo en unas instalaciones adecuadas y equipadas para absorber y neutralizar gases ácidos y otros productos tóxicos del proceso.

Información relativa al transporte:

- N° de identificación del producto (N° ONU): 1078
- Clase y división: 2.2°
- Clasificación para el transporte por carretera y ferrocarril (TPC/ADR/TPF/RID): 2,.2°A
- N° de identificación del riesgo para el transporte por carretera y ferrocarril (TPC/ADR/TPF/RID): 20
- Transporte marítimo IMCO/IMDG: 2.2
- Contaminante marino: no clasificado como tal. Carretera/Ferrocarril: Clase ADR/RID: 2, apartado ADR/RID: 4 (a) ADR SIN: 1078.

Informaciones reglamentarias:

- Nº de la sustancia según Anexo I del Real Decreto 2216/1985 sobre etiquetado:
- Clasificación CEE: No clasificada como sustancia peligrosa.
- Pictogramas: Nº 2. Gas no inflamable, no tóxico.
- Frases R: R 59: peligroso para la capa de ozono. Gas licuado a presión.
- Frases S: S9. Conserve el recipiente en lugar ventilado. S23. No respirar los gases.

Otras informaciones:

- *Responsabilidades:* Estas instrucciones han sido elaboradas por Carburos Metálicos, S.A. en base a las informaciones disponibles a la fecha de las mismas y cubren las aplicaciones mas habituales, sin garantizar que su contenido sea suficiente en todos los casos y situaciones. No se acepta ninguna responsabilidad por las lesiones o daños resultantes de su utilización. Su observancia no excluye el cumplimiento de la normativa vigente en cada momento.

4.2.1.7 Tuberías.

Las tuberías de los diferentes fluidos montadas e instaladas in situ deberán ser identificadas mediante marcado con etiquetas codificadas conforme con la IF-18. Cuando la seguridad de personas o bienes pueda verse afectada por el escape del contenido de las tuberías, se pondrán etiquetas que identifiquen este contenido cerca de las válvulas de corte del sector y allí donde las tuberías atraviesen paredes. Los principales dispositivos de corte, mando y control del circuito del refrigerante y fluidos auxiliares (gas, aire, agua, electricidad) se deberán marcar claramente de acuerdo con su función. Se podrán utilizar símbolos para identificar estos dispositivos, siempre que se sitúe una clave de símbolos cerca de los mismos. Se marcarán, de forma indeleble (mediante etiquetas, marcas metálicas, adhesivos, etc.) los dispositivos que únicamente deban ser manipulados por personas acreditadas.

Todas las tuberías del circuito del refrigerante deberán cumplir con las normas aplicables especificadas en la solicitud de evaluación de conformidad cuando sea

preceptivo y lo exija la sociedad de clasificación y se diseñarán, construirán e instalarán para mantener la estanquidad y resistir las presiones y temperaturas que puedan producirse durante el funcionamiento y las paradas, teniendo en cuenta los esfuerzos térmicos, físicos y químicos que se prevean.

Los materiales, espesor de la pared, resistencia a la tracción, ductilidad, resistencia a la corrosión, procedimientos de conformado y pruebas serán adecuados para el refrigerante utilizado y resistirán las presiones y esfuerzos que puedan producirse.

Las tuberías y sus accesorios cumplirán los requisitos de las normas UNE correspondientes.

Toda la instalación debe funcionar, bajo cualquier condición de carga, sin producir ruidos o vibraciones que puedan considerarse inaceptables o que rebasen los niveles máximos establecidos en el reglamento correspondiente.

Las tuberías se instalarán siempre con el menor número de uniones; en particular, no se permite el aprovechamiento de recortes de tuberías en tramos rectos.

Antes de efectuar una unión, se repasarán y limpiarán los extremos de las tuberías para eliminar las rebabas que se hubieran formado al cortarlas o aterrajearlas y cualquier otra impureza que pueda haberse depositado en el interior o en la superficie exterior, utilizando los productos recomendados por el fabricante.

Los accesorios flexibles para tuberías estarán protegidos contra daños mecánicos, torsión y otros esfuerzos y deberán comprobarse regularmente, de acuerdo con las especificaciones del fabricante. Si no hay razones técnicas que lo justifiquen, las uniones deberán ser soldadas.

Antes del montaje de las tuberías y demás accesorios, debe comprobarse que estos elementos no estén rotos, doblados, aplastados, oxidados o dañados de cualquier manera.

Cuando los tramos de tuberías hubieran de atravesar mamparos los agujeros a través de los mamparos se realizarán mediante brocas especiales de diámetro adecuado para la colocación del manguito pasamamparos y de una longitud lo

suficientemente grande para permitirnos atravesar con facilidad dichos elementos. Obteniendo unos agujeros estancos e impermeables.

La tubería que va desde los evaporadores hasta el recipiente correspondiente deberá tener un desnivel del 1% para facilitar el regreso del aceite. La línea que parte del recipiente donde se almacena el líquido hasta el evaporador, deberá estar recubierta por aislante para evitar la pérdida de calor con el consiguiente enfriamiento.

En los tramos de tuberías de cobre, los extremos de los tubos deberán ir abocardado para que así ajusten perfectamente en el asiento de que van dispuestas las tuercas de unión. Para realizar esto se deberá cortar el tubo con un cortatubos, las partículas que se desprenden no deben quedar en el interior del tubo. Después se aplica la tuerca de unión y se coloca el extremo del tubo a la máquina de abocardar produciendo un reborde adecuado para el empalme. Luego se ajusta bien hasta que el reborde del tubo se ajuste perfectamente con el asiento de aquella.

Para el dimensionado, y la disposición de los soportes de tuberías se seguirán las prescripciones marcadas en la norma UNE 1001 52, siempre que sea posible, debido a que un en un buque esto no suele ser posible. La distancia de colocación de dicho soporte no deberá ser inferior a un metro, cuando esto sea posible.

Para reducir la posibilidad de transmisión de vibraciones, formación de condensaciones y corrosión, entre tuberías y soportes metálicos, debe interponerse un material flexible no metálico, de dureza y espesor adecuados.

Las uniones entre las tuberías del sistema de frío se realizarán por soldadura, debiendo prepararse los extremos convenientemente.

Las tuberías se instalarán de forma ordenada, disponiéndolas, paralelamente a los elementos estructurales del buque.

La alineación de las canalizaciones en uniones, cambios de sección y derivaciones se realizará sin forzar las tuberías, empleando los correspondientes accesorios o piezas especiales.

Los elementos accesorios del equipo, tales como válvulas, instrumentación, etc., deberán instalarse antes de la parte desmontable de la conexión, hacia la red de distribución.

4.2.1.8 Estructuras metálicas o polines.

Todos los trabajos relacionados con las estructuras metálicas, tendrán que atenerse obligatoriamente a los planos entregados y a las exigencias del astillero constructor del buque, que definirá el acero a usar, los procedimientos de soldadura a usar (WPS) y la cualificación de los soldadores en estos procedimientos.

4.2.1.9 Soldaduras.

El astillero constructor del buque, definirá los procedimientos de soldadura a usar, tanto para las estructuras metálicas como para las tuberías (WPS), y exigirá la homologación de los soldadores según sus procedimientos internos y en su defecto, la cualificación en procedimientos estándar de la I.A.C.S.

4.2.1.10 Aislamientos térmicos.

El *aislamiento térmico de los recintos*, deberá realizarse de forma continua y completa en todas las superficies que se compongan de techos, suelos y paredes. Se evitará la creación de puentes térmicos o zonas de menor capacidad aislante, para que no modifiquen de una manera perjudicial los aislantes, dando lugar a zonas donde se puedan producir condensaciones. Ningún producto podrá ser usado como aislante sin la aprobación previa de la Dirección Facultativa.

En cuanto al *aislamiento de tuberías*, los materiales aislantes térmicos, cumplirán lo que nos indique el astillero o en su defecto, lo especificado en la norma UNE 1001 71.

Para el montaje, se situará el aislante sobre la tubería y se revestirá con los elementos protectores adecuados.

El órgano de mando de las válvulas no deberá interferir con el aislante térmico de la tubería.

4.2.1.11 Condiciones generales de los proveedores de los equipos y las empresas instaladoras.

Todos los materiales a utilizar en la obra, incluidos o no incluidos en este Pliego, habrán de observar las siguientes prescripciones:

- A) Los proveedores de los equipos, deberán garantizar un efectivo servicio post-venta de sus máquinas.
- B) Se instalará solamente maquinaria que permita ampliaciones fáciles, a excepción de los casos en que ello sea imposible por las peculiaridades de la instalación.
- C) No se admitirá ninguna maquinaria que no ofrezca por lo menos un año de garantía. La garantía abarcará a todo defecto de fabricación o defectuosa.
- D) Únicamente será objeto del presente Pliego de Condiciones, la maquinaria e instalaciones detalladas en la Memoria y Presupuesto del presente Proyecto.
- E) Las respectivas subcontratas de cada una de las máquinas o elementos consignados en el epígrafe anterior, deberán responsabilizarse íntegramente del suministro, embalaje, transporte, colocación, montaje y puesta en marcha de las mismas, incluyendo el material que para cada tipo de instalaciones queda reseñado en los documentos Memoria y Presupuestos del presente Proyecto.
- F) Las subcontratas instaladoras se encargarán cuando proceda, de la instrucción del personal encargado, del manejo de las distintas instalaciones. Los plazos de montaje se fijarán en el contrato con las respectivas firmas instaladoras a partir de la recepción provisional de las obras. Cada plazo no será, en ninguno de los casos, superior a dos meses.

G) En el caso que las subcontratas no posean un determinado tipo de maquinaria, el Director de la obra, se reservará el derecho de sustituir la máquina en cuestión por otra de igual o mejor características, haciendo una revisión de precios por ambas partes.

H) Durante la ejecución de los trabajos de montaje e instalación, las casas suministradoras quedan obligadas a someterse a todas las verificaciones que solicite el Director de la obra, (en colaboración con el director de obra por parte del Astillero, que suele denominarse Jefe de buque). Una vez terminadas las distintas instalaciones, el conjunto será puesto en marcha por los respectivos montadores que darán las instrucciones necesarias para su manejo y control al personal encargado de la manipulación final de la misma. La terminación de la instalación será certificada por la Dirección de Obra.

I) Después de un período suficiente para que las instalaciones estén a punto, se procederá a los ensayos que verifiquen las garantías de las casas instaladoras, continuándose tales ensayos durante el tiempo necesario para que quede palpablemente demostrado el buen funcionamiento. Una vez terminadas las pruebas de funcionamiento y si dichos ensayos son satisfactorios, se procederá a la recepción provisional, con la fecha de la calificación. Caso de no ser satisfactorias las pruebas de funcionamiento, la recepción provisional no se llevará a cabo hasta que la firma instaladora haya subsanado los defectos encontrados, cuya reparación se llevará a cabo en un plazo máximo de 15 días.

J) Si por mal funcionamiento el Director considera conveniente el cambio de una máquina por otra, la casa suministradora facilitará la nueva maquinaria, concertándose entre ambos el precio de la nueva máquina. La recepción definitiva se llevará a cabo cuando finalicen los respectivos plazos de garantía a que se hizo referencia para cada tipo de máquina o instalación. Durante este período las firmas instaladoras mantendrán en perfecto estado todas las instalaciones y reemplazarán a sus expensas todos aquellos elementos que fueran defectuosos por vicio de construcción o montaje, incluso si estos defectos no hubiesen sido reconocidos durante los ensayos previos a la recepción provisional. No están comprendidos en esta obligación los trabajos de entretenimiento normal ni los defectos o averías que sean consecuencia del uso anormal o defecto de

entretenimiento. Las distintas firmas instaladoras deberán presentar presupuesto detallado de las distintas instalaciones proyectadas. El pago de las instalaciones se efectuará de la manera que se especifique en los contratos correspondientes.

Antes de comenzar los trabajos de montaje la empresa instaladora deberá efectuar un replanteo de todos y cada uno de los elementos de la instalación.

El replanteo deberá contar con la aprobación de la Dirección de obra (en colaboración con el jefe de buque por parte del Astillero). Señalización e identificación.

Las conducciones de la instalación deben estar señalizadas con franjas, anillos y flechas dispuestas sobre la superficie exterior de las mismas o su aislamiento térmico en el caso de que lo tengan.

En la sala de máquinas se dispondrá el código de colores junto al esquema de principios de la instalación.

Al final de la obra, los aparatos, equipos y cuadros eléctricos que no vengan reglamentariamente identificados con placa de fábrica, deben marcarse mediante una chapa de identificación sobre la que se indicarán el nombre y las características técnicas del elemento, aunque en principio el 95% de los elementos contarán con el marcado CE (aunque no sea requisito obligatorio por tratarse de una instalación naval).

Las placas se situarán en un lugar visible y se fijarán mediante remaches, soldadura o material adhesivo resistente a las condiciones ambientales.

4.2.1.12 Condiciones que deben reunir los materiales en general.

Todos los materiales a utilizar en la obra, incluidos o no incluidos en este Pliego, habrán de observar las siguientes prescripciones:

A) Si las procedencias de materiales fuesen fijadas en los documentos contractuales, el contratista tendrá que utilizarlas obligatoriamente, a menos que haya una autorización expresa del Director de la obra. Si fuese imprescindible a

juicio de éste cambiar el origen o procedencia, ello se registrará por lo dispuesto en el Pliego de Condiciones.

B) Si por no cumplir las prescripciones del presente Pliego se rechazan los materiales que figuren como utilizables en los documentos informativos, el contratista tendrá la obligación de aportar otros materiales que cumplan las prescripciones, sin que por esto tenga derecho a un nuevo precio unitario.

C) El contratista obtendrá a su cargo la autorización para la utilización de préstamos y se hará cargo además, por su cuenta, de todos los gastos, cánones, indemnizaciones, etc. que se presenten.

D) El contratista notificará a la Dirección de la obra con suficiente antelación las procedencias de los materiales que se proponga utilizar, aportando las muestras y los datos necesarios, tanto por lo que haga referencia a la calidad como a la cantidad.

E) En ningún caso podrán ser acopiados y utilizados en la obra materiales cuya procedencia no haya sido aprobada por el Director.

F) Todos los materiales que se utilicen en la obra deberán ser de calidad suficiente a juicio del Director de la obra, aunque no se especifique expresamente en el Pliego de Condiciones.

G) Si el Director de la obra lo considera conveniente, se exigirá un certificado de un Laboratorio Oficial que garantice la calidad del acero utilizado.

4.2.2 Reglamentación y normativa.

La reglamentación más a tener en cuenta en la instalación frigorífica de este buque, son los criterios de la sociedad de clasificación ABS (American Bureau of Ship Classification Society), sobre el sistema de refrigeración (sociedad de clasificadora del buque en este caso) y el cumplimiento del Reglamento de Seguridad para plantas e Instalaciones Frigoríficas.

4.2.2.1 Criterios de la sociedad de clasificación ABS (American Bureau Society), sobre el sistema de refrigeración.

SECCIÓN 30

30.1 GENERAL

Los siguientes requerimientos se aplican a buques de pesca que usan la mecánica de refrigeración para la conservación de la pesca.

30.2 INSTALACIÓN Y POSICIÓN DE MAQUINARIA DE REFRIGERACIÓN

30.2.1 General

Las instalaciones refrigerantes deben estar suficientemente protegidas contra vibración, choque, extensión, encogimiento, ect. Y deben estar provistos de un dispositivo de control de seguridad automático para prevenir una subida peligrosa de temperatura y presión.

a) La maquinaria de refrigeración usando refrigerantes tóxicos debe estar localizada en un área separada de alojamientos y de equipos por un mamparo.

b) Los espacios que contienen la maquinaria de refrigeración usando refrigerantes tóxicos incluso condensadores y receptores deben estar separados de cualquier espacio adyacente por mamparos gastight y deben estar colocados con un sistema de alarma de descubrimiento de agujero fuera de espacio protegido, un sistema de ventilación separado y sistema de spray de agua con accionador remoto. Cuando tal arreglo no es practicable, la maquinaria de refrigeración puede estar instalada en el espacio de la maquinaria a condición de que además del descubrimiento de agujero y sistemas de spray de agua la consideración especial sea dada a los arreglos de ventilación, los detectores de gas apropiados estarán encajados, la protección de la maquinaria de refrigeración sobre daños, y a condición de que la maquinaria de propulsión y los aparatos auxiliares esenciales puedan ser puestos en marcha desde el puente de navegación.

30.3 REFRIGERANTES

30.3.1 Grupo I.

Este grupo comprende refrigerantes que son inflamables con poca o ninguna toxicidad y pueden ser usados en expansión directa o en sistemas de refrigerantes indirectos. Estos refrigerantes son el R-11, R-12, R-21 y R-22.

No nos aplica en este caso, porque el refrigerante a usar será el R-404A.

30.3.2 Grupo II

El uso de refrigerantes en este grupo es generalmente limitado con sistemas indirectos. La aprobación especial es requerida para su uso en sistemas de expansión directos. Estos refrigerantes, son el R-717, R-744, R-507A el R-404A.

30.4 COMPONENTES DE REFRIGERACIÓN

30.4.1 Buques de presión.

Cada buque de presión que contiene refrigerantes, que pueden ser aislados del resto del sistema, debe estar protegido por un juego de válvulas de alivio para volver a trabajar a una presión que no exceda la presión de trabajo máxima del buque. Cuando una válvula de alivio forma parte integrante del sistema de un buque de presión, tal buque no tiene que tener una válvula de alivio individual. La salida de la tubería de alivio debe ser localizada a tiempo y ordenar eliminar la posibilidad de descarga dañosa al personal.

30.4.2 Drenage.

Los sistemas de refrigeración en los cuales los refrigerantes tóxicos o inflamables son usados serán proveídos de dispositivos de drenage que conducen a un lugar donde el refrigerante no presenta ningún peligro de estar buques o a personas a bordo.

30.5 ESPACIOS REFRIGERADOS

Las bodegas frías utilizadas para el almacenaje del pescado y espacios donde van evaporadores u otra maquinaria de refrigeración, deben estar proporcionadas por:

a) Puertas de prueba apretadas operables de cada lado.

b) Una alarma que pueda ser activada desde dentro de los cuartos de evaporados y cámaras frigoríficas y audible en un espacio normalmente ocupado.

La alarma debe estar etiquetada, así una persona dentro del cuarto sabe su objetivo;

c) Medios que indiquen la posición de la puerta de salida, en caso de que las luces en el cuarto estén apagadas, por si falla;

d) Unos sistemas de descarga para la extracción de gases de escape de refrigerante operables de dentro y fuera del cuarto;

e) Despensas frías y espacios, aquí los evaporadores estarán encajados no deben tener ninguna abertura permanentemente abierta que permitiría el paso de refrigerantes a otras partes del buque.

30.6 DIVERSOS

Los medios portátiles para descubrir la concentración de cualquier salida de gas dañoso estarán proporcionados.

Donde cualquier refrigerante tóxico es usado en un sistema de refrigeración, al menos deben estar proporcionados dos juegos de aparatos respiratorios, uno de los cuales estará en un lugar y en una posición no probable para no hacerse inaccesible en caso de la salida del refrigerante. El aparato respiratorio proveerá como la parte de mayo de equipo contra incendios del buque por considerado como la reunión de toda o parte de esta provisión a condición de que su posición encuentre ambo objetivo. Donde el aparato respiratorio autónomo es usado, un juego de cilindros de repuesto debe ser proporcionado para cada uno.

La dirección adecuada para la operación de seguridad y procedimientos de emergencia para el sistema de refrigeración debe ser proporcionados por avisos convenientes mostrados a bordo el buque.

30.7 PRUEBAS

30.7.1 Pruebas hidrostáticas

Todos los buques de presión, tubería, mandos, depósitos y equipos de lado bajo que son sujetos a la presión refrigerante deben ser expuestos por el fabricante a una presión de prueba hidrostática igual a una y media la presión de diseño como se indica en la siguiente tabla. Las válvulas y los accesorios deben ser expuestos por el fabricante a una prueba hidrostática en una presión igual a lo estipulado por el Instituto de Estándares Nacional Americano.

Los compresores deben ser expuestos a una prueba igual a la prueba de fuerza de lado baja.

30.7.2 Buques de presión

Las pruebas de buques de presión deben ser atestiguadas por el Topógrafo. La declaración jurada del fabricante de pruebas puede ser aceptada por el Topógrafo para todas las otras partes.

30.7.3 Pruebas a bordo

a) La primaria prueba. Se realizará con el agujero de los sistemas refrigerantes completamente instalado y reunido. Debe ser probado el agujero con un gas conveniente a la presión de trabajo.

b) Las pruebas con el Gas. Ninguna prueba de gas debe ser hecha a bordo del buque a presión más alta que la presión diseñada de la parte del sistema probado. El refrigerante del sistema puede ser usado para esta prueba. Si el refrigerante ha sido quitado, se usará nitrógeno seco o dióxido de carbono totalmente seco, con una cantidad detectable de este que el refrigerante añadió, deben ser usados como un medio de pruebas. En ningún caso, el aire, el oxígeno, cualquier gas inflamable o cualquier mezcla inflamable de gases deben ser usados para pruebas. Las válvulas de alivio de presión y otros dispositivos de seguridad, excepto discos de ruptura, deben permanecer relacionados con el sistema durante pruebas, a condición de que el daño funcional no ocurra durante la prueba.

Nota “el dióxido de carbono no debe ser utilizado en la prueba de agujero si existe un sistema de amoníaco.

c) La tubería de prueba de la Salmuera del sistema refrigerante secundario, cuando este colocada en su lugar, debe ser probada a no menos que dos veces la presión de trabajo a 8.8 kg/cm^2 o (125 psi), cualquiera es el mayor.

4.2.2.2 Cumplimiento del Reglamento de Seguridad para plantas e Instalaciones Frigoríficas.

MI IF-002. Clasificación de los refrigerantes (fluidos frigorígenos)

El refrigerante utilizado para el circuito nº 1 es el amoniaco (R-717), que se encuentra dentro del grupo segundo, refrigerantes de media seguridad.

El refrigerante utilizado para los circuitos nº 2 y 3 es el R-404A englobado dentro del grupo primero, refrigerantes de alta seguridad.

MI IF-003. Clasificación de los sistemas de refrigeración

En ambos circuitos se utiliza un sistema de refrigeración directo, pues no se utilizan circuitos auxiliares, estando el evaporador del circuito primario directamente en contacto con el medio a enfriar.

MI IF-004. Utilización de los diferentes refrigerantes.

En los locales industriales podrán utilizarse refrigerantes del grupo primero sin limitación de carga, con cualquier clase de sistema de refrigeración, siempre que los locales industriales en pisos distintos del primero y de la planta baja, estén totalmente separados del resto del edificio por construcciones resistentes y puertas de seguridad, y dotados de salidas directas de emergencia suficientes al exterior.

Los refrigerantes del grupo segundo con sistemas de refrigeración directos podrán utilizarse en locales industriales sin limitación de carga.

MI IF-005. Materiales empleados en la construcción de los equipos frigoríficos.

En el diseño y construcción se utilizan las normas UNE ó cualquier otra norma aceptada por los países miembros de la CEE.

Todos los elementos de los equipos frigoríficos se proyectan, construyen y ajustan de manera que cumplan las prescripciones señaladas en el Vigente Reglamento de Aparatos y Recipientes a Presión.

Todo material empleado en la construcción e instalación de los equipos frigoríficos, es resistente a la acción de las materias con las que entra en contacto, de forma que no pueda deteriorarse en condiciones normales de utilización.

Queda prohibido el uso del cobre y el cinc con el amoniaco; el magnesio salvo en casos especiales en que se utilicen aleaciones de bajo porcentaje del mismo.

Los tubos de material férrico empleados en la construcción de elementos del equipo frigorífico ó en conexiones y tuberías de paso de refrigerante son de acero estirado, acero soldado longitudinalmente a tope, por soldeo eléctrico, por resistencia ó por cualquier procedimiento que asegure una soldadura técnicamente equivalente.

En los casos en que se prevén temperaturas de servicio inferiores a -20° C se utiliza acero calmado como material de base.

MI IF-006. Maquinaria frigorífica y accesorios.

Los recipientes de líquido son distintos de cualquier otro elemento de la instalación frigorífica.

Las tuberías y elementos que contienen refrigerante y que van a ir cubiertas ó protegidas, serán expuestas para inspección visual y probadas antes de cubrir ó colocar las protecciones.

Las purgas de aire y de aceite de engrase de compresores acumulado en el circuito están dispuestas de modo que su operación se puede efectuar descargando en recipientes con agua ó líquidos que absorban el refrigerante o indiquen su presencia.

La instalación exhibirá, fijada en la sala de maquinas o en alguno de sus elementos principales, una placa metálica, en lugar bien visible, con el nombres