

UNIVERSIDADE DA CORUÑA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA Y MÁQUINAS

GRADO EN TECNOLOGÍAS MARINAS

ENERGÍA Y PROPULSIÓN

 UNIVERSIDADE DA CORUÑA

“CONDENSACIÓN DE VOC EN PETROLEROS”

TRABAJO FIN DE GRADO

TFG / GTM / E-24-15

JUNIO - 2015

AUTOR: César Ramos Hermida

DIRECTOR: Alberto De Miguel Catoira

TRABAJO FIN DE GRADO

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA Y MÁQUINAS

GRADO EN TECNOLOGÍAS MARINAS

ENERGÍA Y PROPULSIÓN

631G02410 - TRABAJO FIN DE GRADO

D. ALBERTO DE MIGUEL CATOIRA, en calidad de director principal, autorizo al alumno D. CÉSAR RAMOS HERMIDA, con DNI nº 34.881.591-K a la presentación del presente Trabajo de Fin de Grado titulado:

“CONDENSACIÓN DE VOC EN PETROLEROS”

CONVOCATORIA: JUNIO - 2015

Fdo. El Director

Fdo. El Alumno

Alberto De Miguel Catoira

César Ramos Hermida

1 MEMORIA	11
1.1 Objeto	11
1.2 Alcance	11
1.3 Antecedentes	11
1.3.1 Métodos de reducción de emisiones de VOC	11
1.3.1.1 Métodos operacionales	11
1.3.1.1.1 Transferencia secuencial de la atmósfera de los tanques (S.T.T.A.)	11
1.3.1.1.2 Gases de hidrocarburos como gas protector	13
1.3.1.1.3 KVOC	13
1.3.1.2 Métodos de separación	14
1.3.1.2.1 Absorción	14
1.3.1.2.2 CVOC (Absorción directa de VOC en el crudo)	15
1.3.1.2.3 Adsorción	16
1.3.1.2.4 Condensación	17
1.3.1.2.4.1 Condensación mediante refrigeración a presión	18
1.3.1.2.4.2 Condensación criogénica	18
1.3.1.2.5 Separación por membrana	19
1.3.1.3 Métodos de combustión	19
1.3.1.3.1 Flaring	19
1.3.1.3.2 Producción de energía	20
1.3.2 Materias primas y productos	20
1.3.2.1 Propiedades de los VOC	20
1.3.2.2 Gas inerte	21
1.3.2.3 Crudo	21
1.4 Normas y referencias	22
1.4.1 Disposiciones legales y normas aplicadas	22
1.4.2 Bibliografía	22
1.4.3 Programas de cálculo	23
1.4.4 Otras Referencias	23
1.4.4.1 Composición VOC	23
1.4.4.2 Cantidad de VOC generada por día	24
1.5 Definiciones y abreviaturas	24
1.6 Requisitos del diseño	24

1.6.1 Descripción del buque	25
1.6.2 Disposición de tanques	26
1.6.3 Sistema de gas inerte	27
1.6.4 Características necesarias de nuestra planta	28
1.7 Análisis de soluciones	29
1.8 Resultados finales	30
1.8.1 Composición de la mezcla VOC/gases de escape	30
1.8.2 Descripción de la instalación	31
1.8.2.1 Filtro - secador	31
1.8.2.2 Compresor	31
1.8.2.3 Condensador	31
1.8.2.4 Separador liquido-gas	32
1.8.2.5 Tanque almacén	32
1.8.3 Balance económico	33
1.8.4 Conclusiones	34
2.1 ANEXO I	38
2.1.1 Hipótesis de partida	38
2.1.2 Composición del gas de trabajo	38
2.1.3 Cálculo del caudal de la planta	44
2.1.4 Cálculo de la temperatura de condensación	45
2.1.5 Cálculos compresor	46
2.1.6 Cálculos condensador	48
2.1.7 Cálculos tanque almacén	54
2.1.8 Cálculos de la refrigeración del condensador	54
2.2 ANEXO II	57
2.2.1 Compresor	57
2.2.1.1 Características técnicas	57
2.2.1.2 Dimensiones características	58
3.1 PLANO 01	61
4 EL PLIEGO DE CONDICIONES	66

4.1 Objetivo	66
4.2 Condiciones administrativas	66
4.2.1 Contratación de la empresa	66
4.2.2 Rescisión del contrato	68
4.2.3 Contrato	70
4.2.4 Personal facultativo	70
4.2.5 Validez de la oferta	71
4.2.6 Contraindicaciones y omisión en la documentación	71
4.2.7 Planos provisionales	71
4.2.8 Adjudicación del concurso	72
4.2.9 Reglamentos y normas	73
4.2.10 Materiales	73
4.2.11 Plazos de ejecución de las obras	74
4.2.11.1 Inicio	74
4.2.11.2 Plazos	74
4.2.12 Fianza provisional, definitiva y fuentes de garantía	75
4.2.12.1 Fianza provisional	75
4.2.12.2 Fianza definitiva	75
4.2.12.3 Fondos de garantía	76
4.2.13 Interpretación y desarrollo del proyecto	76
4.2.14 Medios auxiliares	77
4.3 Condiciones económicas y legales	77
4.3.1 Principio general	77
4.3.2 Fianzas	78
4.3.3 Precios	78
4.3.3.1 Precios unitarios	78
4.3.3.2 Beneficio industrial	79
4.3.3.3 Precio de ejecución material	79
4.3.4 Pagos	79
4.3.5 Indemnizaciones mutuas	80
4.3.6 Demora de los pagos	80
4.3.7 Seguro de las obras	80
4.4 Condiciones técnicas: Equipos a presión	80

4.4.1 Disposiciones generales	80
4.4.2 Referencias y normativas:.....	81
4.4.3 Definiciones generales	81
4.4.3.1 Aparato sometido a presión.....	81
4.4.3.2 Tuberías	81
4.4.3.3 Sistemas	82
4.4.3.4 Diseño mecánico.....	82
4.4.3.5 Ingeniería	82
4.4.3.6 Fabricante	82
4.4.3.7 Reparador	83
4.4.3.8 Instalador	83
4.4.3.9 Usuario.....	83
4.4.3.10 Inspector propio	83
4.4.3.11 Inspecciones y pruebas previas	83
4.4.3.12 Inspecciones y pruebas periódicas.....	84
4.4.3.13 Control de calidad	84
4.4.4 Definiciones de ámbito técnico	84
4.4.4.1 Presión de diseño (Pd)	84
4.4.4.2 Presión máxima de servicio (Pms).....	84
4.4.4.3 Presión de precinto (Pt).....	84
4.4.4.4 Presión de servicio (Ps).....	84
4.4.4.5 Presión de prueba (Pp).....	85
4.4.4.6 Temperatura de diseño (Td).....	85
4.4.4.7 Temperatura máxima de servicio (Tms).....	85
4.4.4.8 Temperatura de servicio (Ts)	85
4.4.5 Condiciones generales para todos los aparatos a presión.....	85
4.4.5.1 Manual de diseño	85
4.4.5.2 Certificados	86
4.4.5.3 Proceso de fabricación.....	86
4.4.5.4 Legalización de aparatos a presión.....	86
4.4.5.5 Instalación	88
4.4.5.6 Inspecciones y pruebas.....	89
4.4.5.6.1 Inspecciones y pruebas oficiales	89

4.4.5.6.2 Inspecciones y pruebas en el taller del fabricante.....	89
4.4.5.6.3 Inspecciones y pruebas en el lugar de emplazamiento del equipo	89
4.4.5.7 Placas.....	91
4.4.5.8 Elementos de seguridad.....	92
4.4.6 Pruebas para las tuberías.....	92
4.4.7 Prueba de los sistemas antes de la puesta en marcha.....	92
4.4.7.1 Prueba hidrostática.....	93
4.4.7.2 Lavado del equipo.....	93
5 PRESUPUESTO	97
5.1 Presupuesto desglosado por capítulos	97
5.1.1 Filtro-secador	97
5.1.3 Condensador	98
5.1.4 Separador líquido-sólido	98
5.1.5 Tanque almacén	99
5.2 Resumen del presupuesto	100

“TITULO: CONDENSACIÓN DE VOC EN PETROLEROS”

MEMORIA

GRADO EN TECNOLOGÍAS MARINAS

ENERGÍA Y PROPULSIÓN

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA Y MÁQUINAS

FECHA: JUNIO - 2015

AUTOR: El alumno

Fdo.: César Ramos Hermida

1 MEMORIA	11
1.1 Objeto	11
1.2 Alcance	11
1.3 Antecedentes	11
1.3.1 Métodos de reducción de emisiones de VOC	11
1.3.1.1 Métodos operacionales	11
1.3.1.1.1 Transferencia secuencial de la atmósfera de los tanques (S.T.T.A.)	11
1.3.1.1.2 Gases de hidrocarburos como gas protector	13
1.3.1.1.3 KVOC	13
1.3.1.2 Métodos de separación	14
1.3.1.2.1 Absorción	14
1.3.1.2.2 CVOC (Absorción directa de VOC en el crudo)	15
1.3.1.2.3 Adsorción	16
1.3.1.2.4 Condensación	17
1.3.1.2.4.1 Condensación mediante refrigeración a presión	18
1.3.1.2.4.2 Condensación criogénica	18
1.3.1.2.5 Separación por membrana	19
1.3.1.3 Métodos de combustión	19
1.3.1.3.1 Flaring	19
1.3.1.3.2 Producción de energía	20
1.3.2 Materias primas y productos	20
1.3.2.1 Propiedades de los VOC	20
1.3.2.2 Gas inerte	21
1.3.2.3 Crudo	21
1.4 Normas y referencias	22
1.4.1 Disposiciones legales y normas aplicadas	22
1.4.2 Bibliografía	22
1.4.3 Programas de cálculo	23
1.4.4 Otras Referencias	23
1.4.4.1 Composición VOC	23
1.4.4.2 Cantidad de VOC generada por día	24
1.5 Definiciones y abreviaturas	24
1.6 Requisitos del diseño	24

1.6.1 Descripción del buque	25
1.6.2 Disposición de tanques	26
1.6.3 Sistema de gas inerte	27
1.6.4 Características necesarias de nuestra planta	28
1.7 Análisis de soluciones	29
1.8 Resultados finales	30
1.8.1 Composición de la mezcla VOC/gases de escape	30
1.8.2 Descripción de la instalación	31
1.8.2.1 Filtro - secador	31
1.8.2.2 Compresor	31
1.8.2.3 Condensador	31
1.8.2.4 Separador liquido-gas	32
1.8.2.5 Tanque almacén	32
1.8.3 Balance económico	33
1.8.4 Conclusiones	34

1 MEMORIA

1.1 Objeto

El objeto de este proyecto es la reducción de las emisiones a la atmósfera de los compuestos orgánicos volátiles (COV), en inglés Volatile Organic Compounds (VOC), que se generan durante la carga, transporte y descarga de crudos en petroleros y que en la actualidad se ventean a la atmósfera a través de los mástiles de venteo.

1.2 Alcance

En este proyecto se diseñará una planta de condensación de gases. Esta constará principalmente de un filtro-secador, un compresor, un condensador, un separador líquido-gas y un tanque de almacenamiento a presión.

1.3 Antecedentes

Existen en la actualidad numerosos sistemas para reducir las emisiones de VOC a la atmósfera. Estos pueden clasificarse en tres grandes grupos dependiendo si se trata de un método operacional, de separación o de combustión. Además se pueden clasificar atendiendo a diversas características como pueden ser la complejidad, el consumo de energía, el coste de la instalación y la capacidad de recuperación de VOC's. A continuación se describen los principales sistemas que se conocen en la actualidad.

Por otra parte se describen las principales características de las materias primas y componentes que se van a utilizar en este trabajo.

1.3.1 Métodos de reducción de emisiones de VOC

1.3.1.1 Métodos operacionales

1.3.1.1.1 Transferencia secuencial de la atmósfera de los tanques (S.T.T.A.)

Transfiriendo la atmósfera de los tanques de un tanque a otro es posible incrementar el contenido de gases de hidrocarburos sobre la superficie del petróleo crudo, reduciendo de esta manera la liberación de gases de hidrocarburos desde la carga. El método requiere que los tanques de carga del buque se puedan reunir en grupos que puedan ser operados en secuencia, cuantos más grupos mejor.

Mientras que el STTA reduce la emisión de VOC, este además mejora las condiciones para una planta de recuperación de estos vapores, debido al aumento de porcentaje de VOC respecto del de gas inerte.

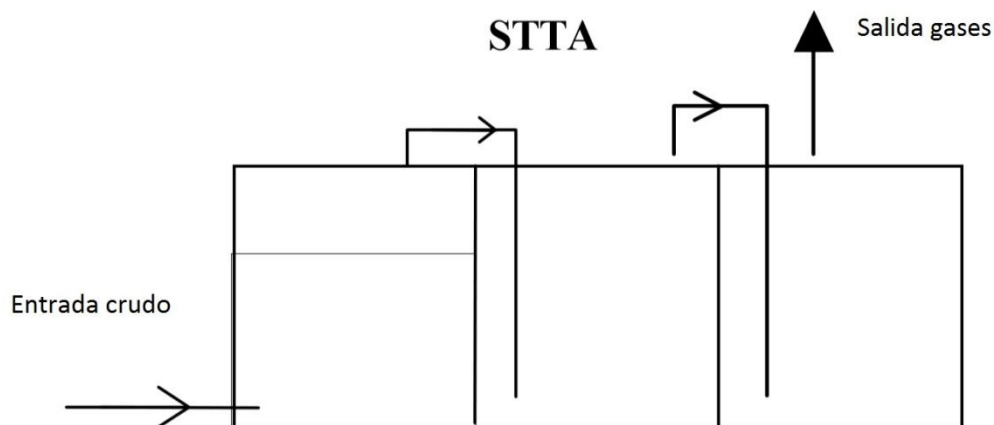


Figura 1.3.1.1- Esquema básico del sistema STTA

Un sistema de tuberías adicional debe ser instalado para la transferencia de las atmósferas de los tanques. Además las válvulas deben ser abiertas y cerradas durante la carga y descarga. La flexibilidad en la agrupación de los tanques y las válvulas de accionamiento remoto necesarias aumentarán los costes de la instalación.

Las simulaciones han demostrado que la reducción de las emisiones de VOC dependen significativamente del grado de mezcla entre la atmósfera del tanque y el gas inerte añadido. Cuanto menor es la mezcla, mayor es la reducción de emisiones de VOC.

La patente de este sistema es propiedad de Navion ASA y está instalado en dos buques, ambos FSOs.

1.3.1.1.2 Gases de hidrocarburos como gas protector

El uso de gases de hidrocarburos como gas protector de atmósferas peligrosas reduce significativamente la tasa de flujo volumétrico de gases de los tanques y proporciona una situación más favorable para una planta de recuperación. Por lo tanto, existe un potencial de costos de inversión reducidos, unas mejores tasas de recuperación y una disminución de la potencia necesaria en una planta de recuperación.

Sin embargo, hay dos retos que superar en la aplicación de este sistema; uno es de donde obtener la masa significativamente grande de estos gases de hidrocarburos y la otra son obtener los permisos sobre aspectos de seguridad, reglas y normas de clasificación de los países en donde se va operar.

Hay un área particular de la aplicación en la que estos desafíos son más fáciles de cumplir que en general. Es decir en un FPSO. Debido a la presencia de la planta de proceso, generalmente existirá más que suficiente gas de hidrocarburo disponible como gas de cobertura y debido a que el FPSO está parado, el permiso de usar gases de hidrocarburo como gas de cobertura tiene que ser obtenida sólo de las autoridades de un país.

1.3.1.1.3 KVOG

Kvog es un sistema de aumento del diámetro de la línea de carga desarrollado por Knutsen OAS. El sistema reduce el efecto sifón que se produce en una línea convencional al reducirse la presión, evitando de esta manera la liberación de los gases del crudo durante los procesos de carga.

La evaluación a largo plazo de este sistema muestra reducciones de generación de gases de hidrocarburos durante la carga en torno al 50%, sin embargo este

sistema no puede evitar que se venteen a la atmósfera la mezcla de gases de hidrocarburos y gases inertes, presentes en los tanques antes de la carga y desplazados durante esta. Tampoco puede evitar los vapores de hidrocarburos generados durante el viaje.

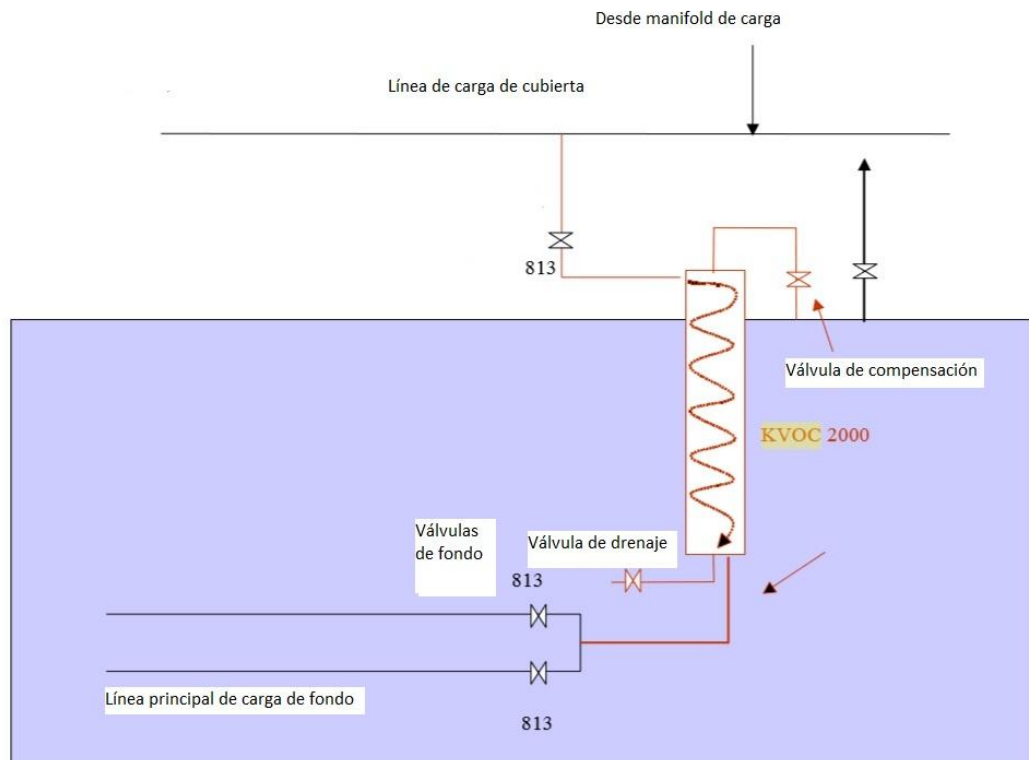


Figura 1.3.1.3 - Esquema sistema reducción de emisiones KVOOC

1.3.1.2 Métodos de separación

1.3.1.2.1 Absorción

Los gases de VOC pueden ser recuperados por absorción en el petróleo crudo a presión. En este sistema se comprime la mezcla de VOC y gas inerte a una presión de entre 0,7-1 MPa y se alimenta a una columna de flujo a contracorriente con el petróleo crudo. Teóricamente se puede obtener una tasa de recuperación de NMVOC del 80-90%. Algo de metano también sería absorbido.

La recuperación se puede mejorar mediante el uso de una membrana selectiva de VOC en el gas absorbido, para separar el VOC del gas de protección. El VOC que pase a través de la membrana será recirculado a la entrada del compresor. Esto añadiría complejidad y coste al sistema de recuperación incrementando de forma moderada la recuperación de VOC. Otra forma de recuperar el VOC que sale de la membrana sería por medio de enfriamiento criogénico.

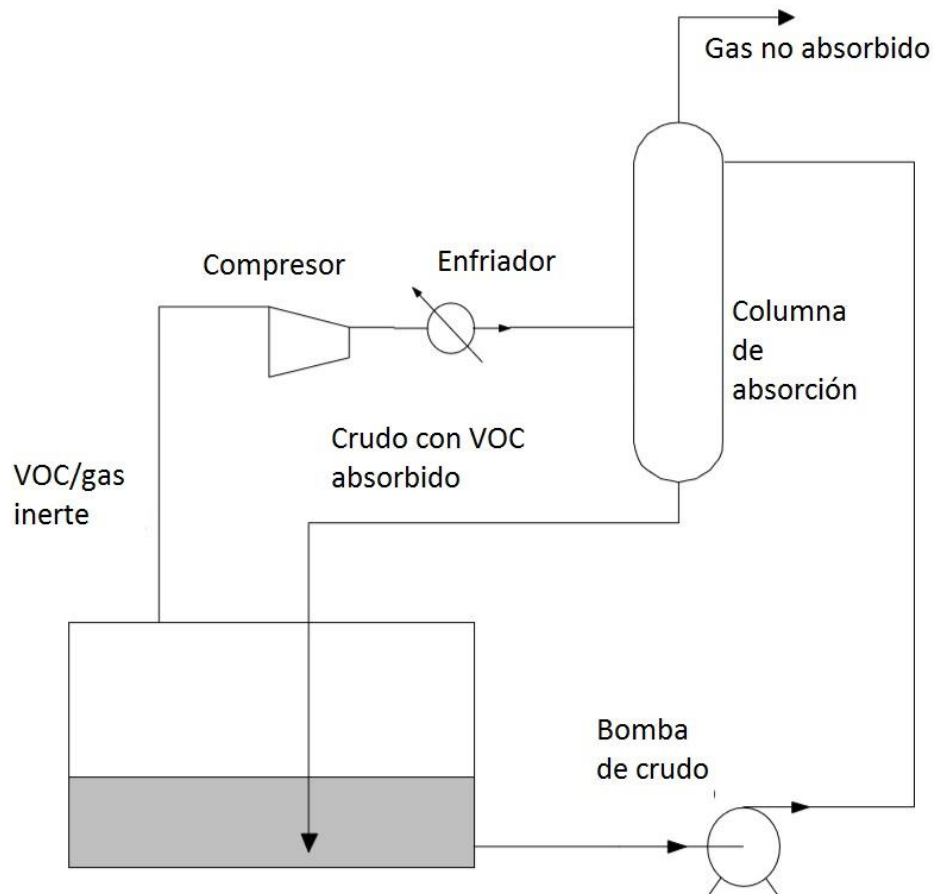


Figura 1.3.2.1- Esquema planta absorción

1.3.1.2.2 CVOC (Absorción directa de VOC en el crudo)

El sistema CVOC ha sido diseñado para utilizar la presión hidrostática de los tanques de carga para volver a absorber de nuevo el VOC emitido por el crudo. Este sistema permite que la presión del tanque se reduzca sin ventear VOC a la atmósfera, y por lo tanto eliminando las emisiones durante la carga.

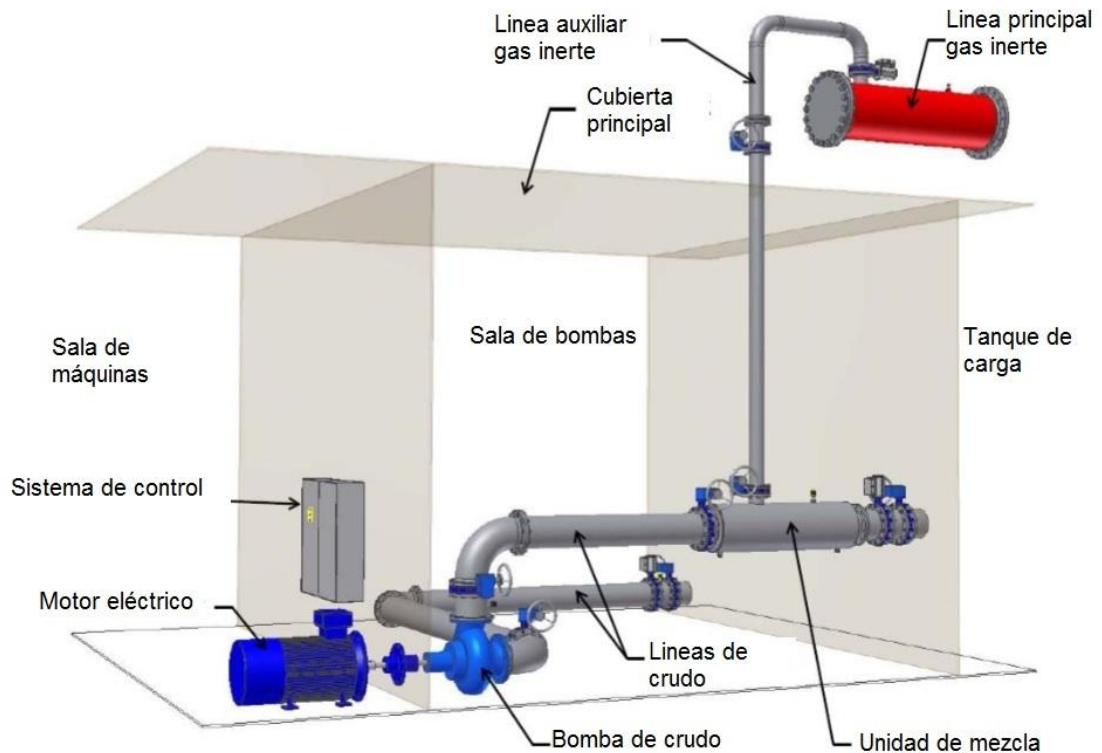


Figura 1.3.2.2 - Esquema CVOC

El principio de funcionamiento es la combinación de un eyector con una unidad de mezcla, en la cual se crea una zona de baja presión donde se mezcla el VOC y el gas inerte con el crudo. Esta mezcla se lleva de nuevo al tanque donde se originó. El VOC se absorbe en el crudo debido al aumento de presión en la parte inferior del tanque de carga. El gas inerte se eleva de nuevo a la superficie sin ser absorbido.

1.3.1.2.3 Adsorción

La mezcla VOC/gas inerte se recoge de la fuente de emisión y se encamina hacia los 2 filtros de carbón activo. Los componentes de hidrocarburos son adsorbidos sobre la gran superficie de carbón, y el resto de gases se ventilan a la atmósfera. Antes de que el filtro que está en uso se sature, se lleva el flujo al otro filtro limpio, y el primer filtro se regenera por medio de vacío.

Durante la regeneración, la corriente de hidrocarburos altamente concentrada se dirige a una columna de absorción, donde se absorben los componentes de hidrocarburos. El líquido absorbente y los recientes componentes de hidrocarburos absorbidos se reciclan continuamente en el tanque de almacenamiento.

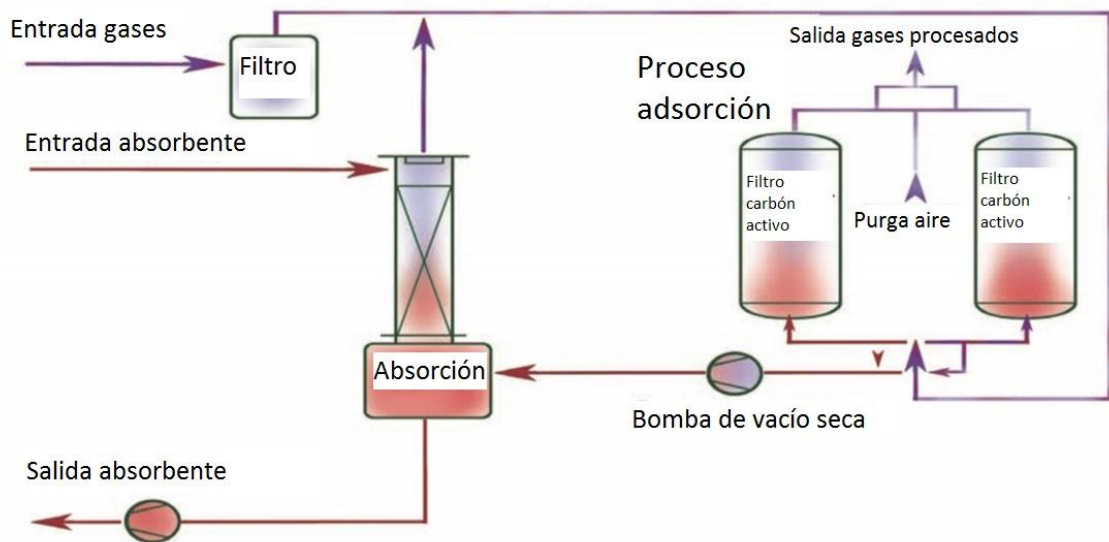


Figura 1.3.2.3 - Esquema planta adsorción con planta de absorción

1.3.1.2.4 Condensación

Los gases de VOC pueden ser recuperados mediante enfriamiento y condensación. La tasa de recuperación dependerá de las condiciones tales como la temperatura y la presión. También va a influir en este sistema si el gas protector de atmósfera está compuesto por gases de escape o por gases de hidrocarburos. En cualquier caso se debe evitar el arrastre de humedad y se debe tener en cuenta el peligro de la congelación de CO₂.

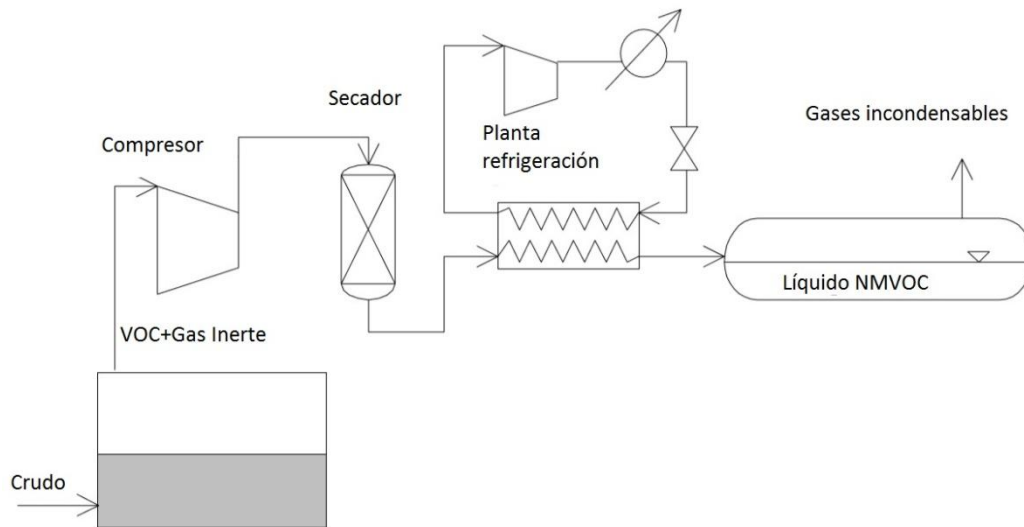


Figura 1.3.2.4 - Esquema planta de condensación

La condensación se puede realizar por medio de una refrigeración criogénica o por medio de un enfriamiento realizado a una cierta presión.

1.3.1.2.4.1 Condensación mediante refrigeración a presión

En este tipo de condensación se comprime la mezcla, para reducir la presión de vapor de la mezcla y luego se enfría en un intercambiador para llevarlo hasta la temperatura de condensación. Se suelen emplear intercambiadores de carcasa y tubos para evitar la posible obstrucción debido a la formación de hielo.

Dependiendo de la temperatura que se necesite se usaran una o varias etapas de refrigeración. Posteriormente se almacena el VOC en estado líquido en un tanque a presión y se vetean los incondensables.

1.3.1.2.4.2 Condensación criogénica

La condensación criogénica consiste en pasar los gases de hidrocarburo por un intercambiador refrigerado mediante la vaporización de nitrógeno líquido. Esto es debido a las temperaturas extremadamente bajas que debemos alcanzar para la condensación del VOC a la presión atmosférica. Este tipo de condensación

requiere que se separe el VOC del gas inerte, por los problemas que puede ocasionar la congelación del CO₂.

1.3.1.2.5 Separación por membrana

La separación de la mezcla gases de hidrocarburo/gases de escape se realiza a través de una membrana selectiva, que utiliza la diferencia de permeabilidad para la separación. La capacidad de permeabilidad de los compuestos orgánicos es de 10 a 100 veces mayor que el oxígeno, nitrógeno, hidrógeno y dióxido de carbono. Sin embargo, no todos los hidrocarburos tienen la misma permeabilidad. La selección de hidrocarburos es mayor a medida que aumenta el número de carbonos del hidrocarburo. Por este motivo este método no es adecuado para la recuperación de metano.

Este método necesita de una compresión previa para poder atravesar la membrana, y de una condensación/enfriamiento o adsorción posterior para ser efectiva.

1.3.1.3 Métodos de combustión

Otros métodos para reducir la cantidad de VOC que se emite a la atmósfera consiste en su combustión. Esta combustión puede ser o no aprovechable y dependen de diferentes factores como pueden ser la calidad del gas y del tipo de gas de cobertura usado, es decir, si la atmósfera del tanque se protege con los gases de escape o con gases de hidrocarburos generados previamente.

1.3.1.3.1 Flaring

El flaring es un sistema que se suele emplear en combinación con un sistema de recuperación de VOC, que consiste en la quema del gas no recuperado. Tiene la ventaja de que puede quemar gases de baja calidad. El flaring reduce el impacto ambiental, debido a que, la emisión de metano se considera que tiene alrededor

de 23 veces mayor efecto invernadero en comparación con el CO₂ producido por la combustión. Sin embargo esta energía no se utiliza para nada.

1.3.1.3.2 Producción de energía

Otra de las maneras de utilizar el VOC que se genera en los tanques, es usar este como combustible para la producción de energía. Este puede ser quemado en una caldera para la producción de vapor o utilizado como combustible en un motor para la producción de electricidad/propulsión.

No obstante, normalmente tenemos en los tanques una mezcla de VOC/gas inerte que hace bajar mucho la calidad del combustible, reduciendo su PCI (Poder Calorífico Inferior), y necesitando en este caso la aportación de otro combustible para asegurar la temperatura necesaria y la estabilidad de la llama. Por este motivo o bien es necesario una separación previa del VOC y el gas inerte, o se usa como gas protector gases de hidrocarburo, generados previamente y almacenados a bordo, en lugar de los típicos gases de escape.

1.3.2 Materias primas y productos

1.3.2.1 Propiedades de los VOC

Los compuestos orgánicos volátiles presentan propiedades características responsables de efectos sobre la salud y el medio ambiente. Son compuestos volátiles, liposolubles, tóxicos e inflamables.

- Volatilidad: Son compuestos orgánicos que se evaporan rápidamente a la atmósfera. Esta propiedad da lugar tanto a contaminación atmosférica como a importantes riesgos para la salud. La vía de entrada más peligrosa al organismo es la inhalación.

- Liposubilidad: Son moléculas orgánicas y por lo tanto son liposolubles, presentan afinidad por las grasas y se acumulan en los tejidos grasos del cuerpo

humano. Productos resultantes de su metabolismo dentro del organismo si presentan hidrosolubilidad.

- Inflamabilidad: Generalmente son compuestos inflamables, es decir que arden con facilidad en contacto con el aire.

- Toxicidad: Las propiedades tóxicas van a depender de cada compuesto y de las condiciones de exposición. A corto plazo pueden causar reacciones alérgicas o mareos y en exposiciones más prolongadas se relacionan con lesiones neurológicas y otros efectos psiquiátricos como irritabilidad, falta de memoria, dificultad de concentración...

1.3.2.2 Gas inerte

El gas inerte que se usa en este caso son gases de escape procedentes de la combustión de la caldera de vapor. Estos son tratados y se garantiza que no superen el 5% de O₂.

1.3.2.3 Crudo

En este proyecto el crudo es la materia prima que se transporta en los tanques del buque.

El crudo es una mezcla homogénea de compuestos orgánicos, principalmente hidrocarburos insolubles en agua. Se produce en el interior de la Tierra, por transformación de la materia orgánica acumulada en sedimentos del pasado geológico y se extrae mediante la perforación de pozos.

En condiciones normales es un líquido bituminoso que puede presentar gran variación en diversos parámetros como color y viscosidad, densidad, capacidad calorífica, etc. Estas variaciones se deben a la diversidad de concentraciones de los hidrocarburos que componen la mezcla.

1.4 Normas y referencias

1.4.1 Disposiciones legales y normas aplicadas

Para el tratamiento de los VOC se seguirán las normas establecidas por la OMI a través del Convenio Marpol. Se aplican a los VOC la Regla 15 de Prevención de la Contaminación perteneciente al anexo VI del Marpol para todos los buques tanque. Hay dos aspectos de control de VOC en este reglamento.

En el primero el reglamento 15.1-15.5 y 15.7 , se controla la emisión de VOC en algunos puertos o terminales, donde se requiere estar de acuerdo con la MSC/Circ.585 "Standards for vapour emission control systems".

En el segundo reglamento 15.6 se requiere a todos los buques que transporten crudo, que deben tener aprobado un Plan de Administración de VOC. Una guía para la elaboración de ese plan se da en la resolución MEPC.185(59) y en la circular MEPC.1/Circ.680.

1.4.2 Bibliografía

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

- "VOC - Methane Recovery" de Ole Oldervik, Per Magne Einang, Erik Hennie (MARINTEK) Geir Owren, Bengt Olav Neeraas (SINTEF Energy Research A/S).
- The EPA Air Pollution Control Cost Manual de Daniel Charles Mussatti.
- "AIR POLLUTION PREVENTION FROM VOLATILE ORGANIC COMPOUND ON SHUTTLE TANKERS" de mr. Ivan Komar, B.Sc., Branko Lalić, B.Sc.,prof.dr.sc. Radovan Antomić, mr. Dobrota Đorđe, B.Sc.

- "CONTROL OF VOC EMISSION FROM CRUDE OIL TANKERS" de Otto M.Martens, MSc. Norwegian Marine Technology Research Institute (MARINTEK), Ole Oldervik, MSc. PhD. SINTEF Civil and Environmental Engineering Bengt Olav Neeraas, MSc. PhD. SINTEF Energy Research Terje Strøm, MSc. SINTEF Applied Chemistry.
- Engineering Heat Transfer, Third Edition de William S. Janna, ISBN 9781420072020.
- Heat Exchangers: Selection, Rating, and Thermal Design, Second Edition de Sadik Kakaç, Hongtan Liu, Anchasa Pramuanjaroenkij.
- "A new measurement program for VOC emission during offshore oil tanking of shuttle tankers" de Kjell-Eivind Frøysa and Stian H. Stavland, Christian Michelsen Research AS, Bergen, Norway.

1.4.3 Programas de cálculo

Para la realización de este proyecto se ha utilizado software específico, en la realización de los cálculos y en el apartado del presupuesto. El software usado es el siguiente:

- Microsoft Excel 2007
- REFPROP (Reference Fluid Thermodynamic and Transport Properties) - NIST Standard Reference Database 23, version 8.
- Menfis 8.1.6

1.4.4 Otras Referencias

1.4.4.1 Composición VOC

La composición de VOC elegida es la que se encuentra en la siguiente patente: patente US 7,947,169 B2 con fecha del 24 de Mayo de 2011.

1.4.4.2 Cantidad de VOC generada por día

Para la cantidad de VOC que se genera durante el transporte empleamos el dato que aparece en el siguiente artículo:

"Emission from international sea transportation and environmental impact" de Oyvind Endresen and Eirik Sorgard aceptado el 10 April 2003 y publicado el 13 September 2003 en el JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH.

1.5 Definiciones y abreviaturas

VOC (Volatile Organic Compounds): Compuestos orgánicos volátiles que se generan durante la carga, descarga y transporte de crudo.

NM VOC (Non Methane Volatile Organic Compounds) Compuestos orgánicos volátiles excluyendo el metano.

PCI: Poder Calorífico Inferior.

FPSO (Floating Production Storage Offloading): Planta flotante estacionaria para el almacenaje y procesamiento de hidrocarburos. Surgen para el aprovechamiento de los pozos profundos.

FSO (Floating Storage Offloading): Unidad similar al FPSO pero sin planta de procesado.

1.6 Requisitos del diseño

Para determinar los requisitos del diseño de nuestra instalación, primero se hará una pequeña descripción del buque con sus dimensiones y capacidades de carga en tanques.

1.6.1 Descripción del buque

El buque en el que se realizará dicho proyecto se llama ALFOZ SPIRIT y pertenece a la naviera A Mariña Shipping Spain, se trata de un petrolero de la clase Suezmax, destinado al transporte de crudo.

Navega con bandera española, y su puerto de registro es el de S/C de Tenerife en la lista especial, folio 03-01 y bajo el indicativo QRTE.

El buque tiene las siguientes características principales:

TIPO DE BUQUE	CRUDE OIL TANKER
EMPRESA CONSTRUCTORA	DAEWOO HEAVY INDUSTRIES
MATERIAL	ACERO
ESLORA TOTAL	274 m.
ESLORA ENTRE PERPENDICULARES	264 m.
MANGA DE TRAZADO	48 m.
PUNTAL DE TRAZADO	23,74 m.
CALADO PLENA CARGA	8,89 m.
CALADO LASTRE PESADO	15,21 m.
CALADO LASTRE NORMAL	17,95 m.
PESO MUERTO	149990 Tn.
TONELAJE REGISTRO BRUTO	83724 Tn.
TONELAJE REGISTRO NETO	48933 Tn.
MOTOR PRINCIPAL	MAN B&W
TIPO	6S70MC
VELOCIDAD	14 NUDOS
HÉLICES PROPULSORAS	1
TIPO	HÉLICE SIMPLE
AUXILIARES	MAN B&M
TIPO	L23/30H
POTENCIA	829 kW
NUMERO TRIPULANTES	21 TRIPULANTES
BOTES	2 x 30 PERSONAS
BALSAS	4 x 15 PERSONAS

Tabla 1.6.1.1- Características principales del buque

El buque cubre la ruta con puerto de origen Yambu en Arabia Saudí hasta Jamnagar en India separados por 2467 millas náuticas a una velocidad media de 10,3knuts. Emplea de esta manera aproximadamente 240 horas (10 días) en la singladura.

1.6.2 Disposición de tanques

Este buque petrolero cuenta con 12 tanques de carga y dos tanques de slop situados a popa. Se disponen de la siguiente manera (Fig --), distribuidos en 3 segregaciones:

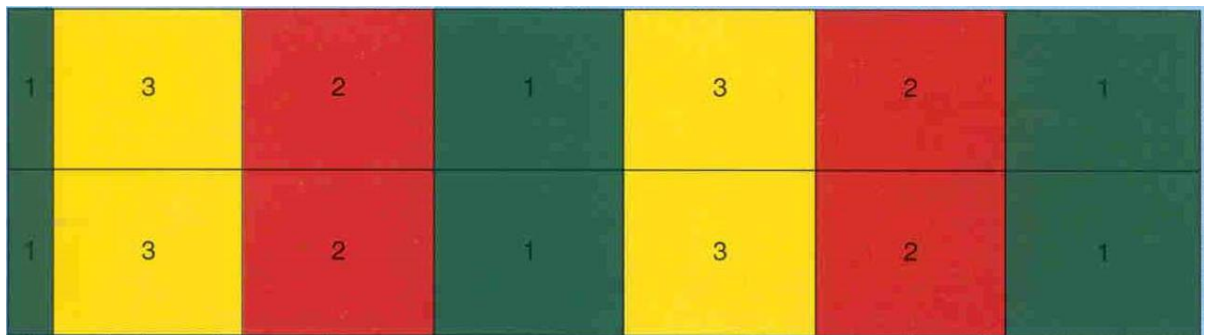


Fig 1.6.2.1 - Disposición de tanques.

Cada segregación está formada por los tanques que se citan a continuación:

Segregación 1: formada por los tanques 2 Br/Er y 5 Br/Er.

Segregación 2: formada por los tanques 1 Br/Er y 4 Br/Er, y Slops.

Segregación 3: formada por los tanques 3 Br/Er y 6 Br/Er.

El volumen de cada tanque se muestra en la siguiente tabla, reflejando el valor en m³.

Tanque de carga	Volumen total (m ³)	Volumen al 98% (m ³)
Tanque nº1 Er	10909,60	10691,41
Tanque nº1 Br	10909,60	10691,41
Tanque nº2 Er	15142,40	14839,55
Tanque nº2 Br	15142,40	14839,55
Tanque nº3 Er	15208,30	14904,13
Tanque nº3 Br	15208,30	14904,13
Tanque nº4 Er	15208,30	14904,13
Tanque nº4 Br	15208,30	14904,13
Tanque nº5 Er	15208,30	14904,13
Tanque nº5 Br	15208,30	14904,13
Tanque nº6 Er	13938,90	13660,12
Tanque nº6 Br	13938,90	13660,12
Tanque slop Er	1674,90	1641,40
Tanque slop Br	1674,90	1641,40
TOTAL	174581,40	171089,77

Tabla 1.6.2.1 - Volumen de cada tanque en m³.

1.6.3 Sistema de gas inerte

Para garantizar una atmósfera segura en los tanques de carga de hidrocarburos, así como en los tanques slop (de residuos de hidrocarburos), el buque cuenta con un generador de gas inerte.

En este caso el gas inerte son los gases de escape tratados de la caldera principal de vapor del buque. El equipo "Wärtsilä Moss flue gas system" es el encargado de inertizar los tanques antes de realizar la carga, evitando así, que en el transcurso de la misma, pueda generarse una atmósfera peligrosa. Este equipo presenta la siguiente disposición:

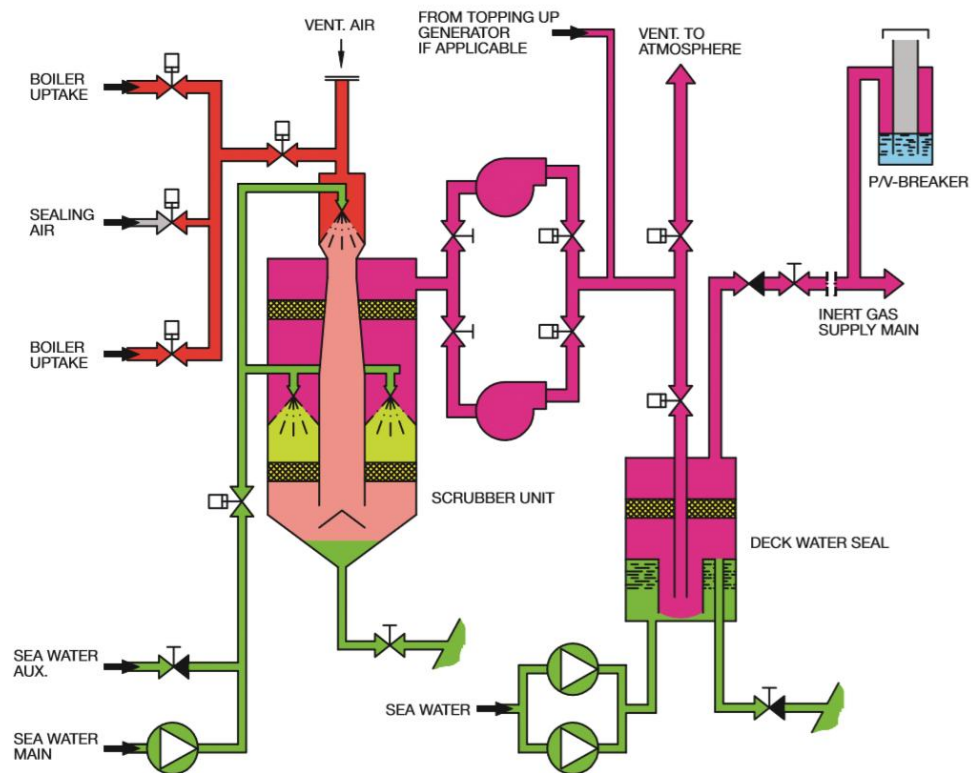


Figura 1.6.3.1: Esquema de la planta generadora de gas inerte.

El gas inerte generado tiene la siguiente composición:

O_2 = 5% de Volumen

CO_2 = 13% de Volumen

SO_2 = Menor de 100 ppm

N_2 = Balance restante

1.6.4 Características necesarias de nuestra planta

Se describen a continuación los puntos y características necesarias para nuestra planta atendiendo a su diseño y funcionamiento:

- Se buscará que la planta tenga un funcionamiento sencillo y con poco mantenimiento.

- La planta ha de funcionar para reducir las emisiones durante el viaje, queda excluido la recuperación de VOC durante la carga y descarga, debido a que durante estos procesos, el volumen de VOC producido puede aumentar considerablemente, necesitando para ellos unas capacidades de planta mucho mayores y teniendo en algunas terminales medios para recuperar estos gases en tierra.

- La planta funcionará durante las 24 horas, reduciendo de esta manera su tamaño y coste, y podrá ser aislada para su reparación, es decir, estará situada en paralelo al sistema convencional de venteo de gases a la atmósfera.

- Se almacenará el VOC condensado en un tanque independiente, situado en cubierta, para su posterior descarga a una terminal.

- No se buscará recuperar todos los gases del VOC, debido a que algunos compuestos exigirían o bien de instalaciones muy complejas o de grandes cantidades de energía para su tratamiento, por lo que se buscará recuperar aquellos compuestos que son económicamente más rentables de recuperar.

1.7 Análisis de soluciones

Como se puede ver en el apartado 1.3, son muchos los tipos de sistemas para la recuperación de gases de hidrocarburos (VOC), sin embargo, se deben tener en cuenta una gran cantidad de factores para determinar qué sistema o sistemas es el más adecuado para cada tipo de buque. Recordamos que algunos de los sistemas de reducción de VOC a la atmósfera se encuentran en fase de desarrollo y otros necesitan de varios métodos para ser económicamente rentables. Lo que si tienen en común es que cualquiera de ellos reduce las emisiones de VOC a la atmósfera, minimizando las consecuencias sobre el medio ambiente. Además reduce las emisiones, garantizando que se cumplen las cada día más restrictivas normas aplicadas por la OMI para este tipo de emisiones.

Para este proyecto se elige la condensación como método de recuperación. Dentro de esta clase se va a descartar la condensación criogénica debido a que es poca la cantidad de compuestos ligeros, decantándose por una compresión y un enfriamiento por medio de agua de mar como mejor método.

1.8 Resultados finales

A raíz del análisis realizado en el apartado 1.7 se procede en este apartado a la descripción del procedimiento para el cálculo de la composición de la mezcla VOC/gases de escape, así como la descripción de la planta de condensación que se instalará a bordo del buque. También en este apartado se incluye un balance económico y unas conclusiones.

1.8.1 Composición de la mezcla VOC/gases de escape

La composición del VOC mezclado con los gases inertes va a ser diferente cada día, aumentado la concentración de VOC a medida que pasan los días de viaje y reduciéndose la cantidad de gases inertes. Sin embargo para realizar los cálculos de potencia de nuestra planta necesitaremos una composición fija, por lo que tomaremos para los cálculos la composición del 5º día de viaje de una ruta fijada en 10 días.

De acuerdo a los resultados obtenidos en el apartado "2.1 Cálculos" la composición de la mezcla VOC/gas inerte es la siguiente:

Compuesto químico	Fracción molar	% mezcla
CH ₄	0,006562	0,66
C ₂ H ₆	0,044999	4,50
C ₃ H ₈	0,252182	25,22
C ₄ H ₁₀	0,369367	36,94
C ₅ H ₁₂	0,198746	19,87
C ₆ H ₁₄	0,062811	6,28
C ₇ H ₁₆	0,002812	0,28
N ₂	0,051267	5,13
CO ₂	0,008128	0,81
O ₂	0,003126	0,31

Tabla 1.8.1 - Composición mezcla VOC/gas inerte

1.8.2 Descripción de la instalación

1.8.2.1 Filtro - secador

Los gases procedentes de los tanques de carga pueden arrastrar partículas sólidas, humedad u otros componentes líquidos, por este motivo, previo paso al compresor, la mezcla de gases han de pasar por un filtro secador, que evite la entrada de estas partículas al compresor, y provocar su deterioro.

1.8.2.2 Compresor

El compresor tiene la función de aumentar la presión del fluido desde una presión de aspiración de 100kPa hasta una presión de descarga de 700kPa. Esta función es esencial para aumentar la temperatura de condensación de la mezcla, reduciendo de esta manera en gran medida el enfriamiento necesario en el condensador.

Se colocaran previo al compresor las seguridades necesarias para su debida protección, impidiendo el arrastre a este de partículas sólidas o líquido, los cuales dañarían rápidamente las partes móviles del compresor.

El compresor elegido para esta planta será de la marca CORKEN D491, un compresor de tipo reciprocante, de una sola etapa y libre de aceite. Se detallan sus características técnicas en el anexo II.

1.8.2.3 Condensador

Se realizará la condensación en un intercambiador de calor, a presión constante, disminuyendo su temperatura por debajo de su punto de rocío. Al ser necesario alcanzar solo 310K (2.2.4 Cálculo de la temperatura de condensación) para la condensación del 82 por ciento de la mezcla, se realizará la refrigeración por agua de mar, evitándose así la energía requerida para el funcionamiento de una etapa

de refrigeración, y necesitando únicamente una bomba de agua de mar para la impulsión del caudal másico de este fluido.

El intercambiador será del tipo coraza y tubos, debido a su mayor resistencia frente a una congelación y deberá disponer de los ánodos para su protección frente al agua de mar.

Se muestran en la figura posterior las principales características de condensador de acuerdo a los cálculos realizados en el apartado 2.1.6 de los anexos.

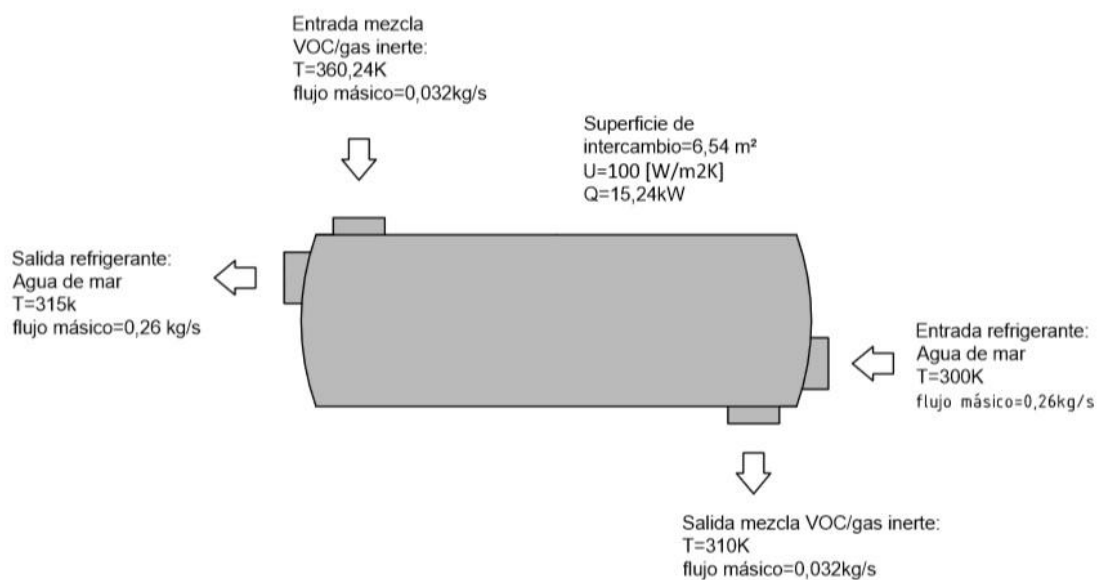


Figura 1.8.1.1 - Esquema condensador con principales características.

1.8.3.4 Separador líquido-gas

Este dispositivo es el encargado de la separación de la mezcla líquido-gas proveniente de condensador. Separa los componentes del VOC que se han condensado de los incondensables. Dirige el líquido al tanque almacén, mientras los incondensables son conducidos hacia los mástiles de venteo, previo paso por una válvula de reducción de presión.

1.8.2.5 Tanque almacén

Este tanque se situará en cubierta y servirá de almacén para el VOC recuperado mediante la condensación. Está alimentado por el líquido proveniente del separador líquido gas y se mantiene a presión hasta que se descarga una vez el buque llegue a puerto. Este tanque tendrá una capacidad de 60 m³ y estará diseñado para soportar una presión mínima de 750 kPa.

1.8.3 Balance económico

A continuación se realiza una estimación de los costes económicos que supone para el buque la implantación de esta planta y los beneficios obtenidos por la recuperación de los VOC.

Estimando un precio de 0,034€ kWh para una planta de generación diesel, calculamos el precio del consumo de energía del compresor para el viaje.

$$4,43\text{kW} \cdot 240\text{h} \cdot \frac{0,034\text{€}}{1\text{kWh}} = 36,15\text{€} \quad (1.8.3.1)$$

Tendremos un gasto de aproximadamente 36,15€ para cada viaje en energía consumida por el compresor.

Con un precio aproximado de 350€ por m³ de VOC recuperado, calculamos los beneficios de la recuperación del viaje:

$$54,03\text{m}^3 \cdot \frac{350\text{€}}{\text{m}^3} = 18.910,5\text{€} \quad (1.8.3.2)$$

En cada viaje de 10 días obtenemos un beneficio neto de 18874,35€. Para una inversión inicial de 206.540,59€ de acuerdo al presupuesto, necesitaremos unos 11 viajes para recuperar la inversión inicial.

1.8.4 Conclusiones

Las emisiones de VOC son hoy en día son una fuente de contaminación que se podría reducir drásticamente o eliminar por completo, debido a que existe la tecnología para hacerlo.

Para la total recuperación de estas emisiones lo más apropiado es la combinación de varios métodos de recuperación ya que ningún método por si solo suele alcanzar una recuperación de cien por ciento.

Que la recuperación de estas emisiones sea o no rentable económicamente va a depender de multitud de factores, pero se ha de destacar que los componentes más volátiles son mucho más difíciles de recuperar.

El diseño de esta planta es realmente eficiente para composiciones de VOC con poca cantidad de componentes ligeros. Con otro tipo de composición más ligera, se necesitará otros tipos de condensación, una separación del VOC/gas inerte u otros tipos de gases de cobertura. Además debemos tener en cuenta que la mezcla en el caso real no será homogénea, volatilizándose primero los compuestos más ligeros y más difícilmente recuperables.

Tanto las normativas internacionales, como las propias de cada país se muestran cada día más restrictivas con este tipo de emisiones. Son los países del Norte de Europa los que más restricciones están adoptando debido al gran número de pozos petrolíferos existentes en el Mar del Norte.

“TITULO: CONDENSACIÓN DE VOC EN PETROLEROS”

ANEXOS

GRADO EN TECNOLOGÍAS MARINAS

ENERGÍA Y PROPULSIÓN

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA Y MÁQUINAS

FECHA: JUNIO - 2015

AUTOR: El alumno

Fdo.: César Ramos Hermida

2.1 ANEXO I	38
2.1.1 Hipótesis de partida	38
2.1.2 Composición del gas de trabajo	38
2.1.3 Cálculo del caudal de la planta	44
2.1.4 Cálculo de la temperatura de condensación	45
2.1.5 Cálculos compresor	46
2.1.6 Cálculos condensador	48
2.1.7 Cálculos tanque almacén	54
2.1.8 Cálculos de la refrigeración del condensador	54
2.2 ANEXO II	57
2.2.1 Compresor	57
2.2.1.1 Características técnicas	57
2.2.1.2 Dimensiones características	58

ANEXO I: CÁLCULOS

2.1 ANEXO I

2.1.1 Hipótesis de partida

Antes de realizar los cálculos de las instalaciones necesarias para el condensado y posterior almacenamiento del VOC debemos tener en cuenta una serie de consideraciones previas, que es necesario aclarar antes de realizar los cálculos.

La cantidad de gas VOC generado en los tanques de los petroleros depende de multitud de factores, estos son: la naturaleza del crudo, la temperatura y la presión de los tanques, el régimen de carga y descarga de los tanques con la terminal, el diseño estructural de los tanques de carga, el tipo de gas de cobertura empleado, los movimientos de la carga durante el transporte. Todos estos factores hacen imposible obtener un valor real del volumen de VOC generado por lo que se realizará una estimación.

Otra de las consideraciones importantes a tener en cuenta a la hora de realizar los cálculos será que tomaremos la mezcla de gases como una mezcla completamente homogénea, esto se hace necesario debido a que es muy complicado y sería poco preciso el cálculo con las diferentes densidades de cada componente.

2.1.2 Composición del gas de trabajo

La composición y características del gas de trabajo es un aspecto a tener muy en cuenta en este proyecto. Nuestra planta de condensado trabajará con una mezcla de gases formada por los gases de hidrocarburos (VOC) y los gases de protección de atmósfera del tanque, en nuestro caso el gas inerte generado por los gases de escape de una caldera.

Debido a la variación que tenemos en la composición del VOC, dependiendo del origen del crudo cargado, se toma una composición fija, en este caso usaremos la usada en la Patente N° US 7,947,192 B2 , con fecha del 24 de Mayo de 2011,

referenciada en el apartado (1.4.4.1 Composición VOC), que tomaremos como modelo para la realización de los cálculos. El VOC tendrá la composición mostrada en la siguiente tabla:

Compuesto químico	Porcentaje de volumen	Fracción molar
CH_4	0,7%	0,007
C_2H_6	4,8%	0,048
C_3H_8	26,9%	0,269
C_4H_{10}	39,4%	0,394
C_5H_{12}	21,2%	0,212
C_6H_{14}	6,7%	0,067
C_7H_{16}	0,3%	0,003

Tabla 2.1.2.1 - Composición VOC

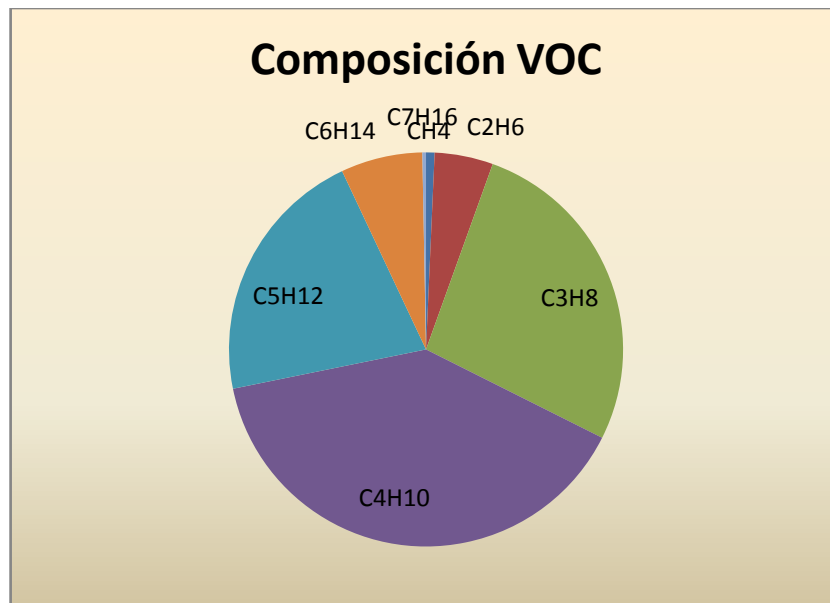


Figura 2.1.2 - Gráfico con porcentajes de VOC.

Al trabajar a bajas presiones, podemos tomar la consideración de gas ideal, obteniendo así la fracción molar.

La composición del gas inerte usado para inertizar los tanques de crudo nos viene determinados por la caldera, que genera los gases de escape, y cuya composición será la siguiente:

Compuesto químico	Porcentaje de volumen	Fracción molar
N ₂	82	0,82
CO ₂	13	0,13
O ₂	5	0,05

Tabla 2.1.2.2 - Composición gas inerte

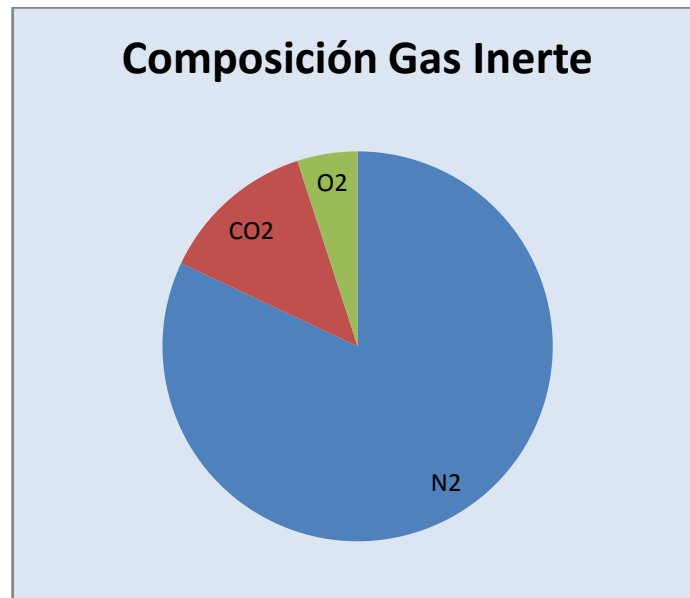


Figura 2.1.2 - Gráfico con porcentajes de VOC.

La planta de condensado va a trabajar con una mezcla de gases, cuya composición va a variar con el paso de los días. Para realizar los cálculos de la planta, debemos tener una composición fija, con lo que haremos los cálculos con la composición de gases del 5º día, de un viaje de duración media de 10 días.

El volumen libre una vez cargado el buque al 98% será el correspondiente al 2% restante donde se acumularán los gases.

$$V_{\text{total}} \cdot 0,02 = 174.581,4 \text{ m}^3 \times 0,02 = 3491,63 \text{ m}^3 \quad (2.1.2.1)$$

La composición de los gases del primer día será una combinación del VOC generado en un día, siendo el resto del espacio gas inerte.

$$V_{\text{gas inerte}} = V_{\text{total}} - V_{\text{VOC}} = 3491,63 - 1486,08 = 2005,55\text{m}^3 \quad (2.1.2.2)$$

Una vez tenemos el porcentaje de VOC y gas inerte calculamos la cantidad de cada componente en función de ellos y obtenemos la cantidad de cada uno para el día 1.

Para el segundo día se va a generar otra tanta cantidad de VOC y se tratará la misma cantidad de mezcla del día 1. De forma que disminuye la cantidad de gas inerte y aumenta la cantidad de VOC, manteniéndose el volumen constante. Se realiza este cálculo en una hoja de Excel 2007, obteniendo los siguientes resultados para 10 días de viaje.

Compuesto	1º DÍA	2º DÍA	3º DÍA	4º DÍA	5º DÍA
CH ₄	0,002979	0,004691	0,005673	0,006238	0,006562
C ₂ H ₆	0,020429	0,032164	0,038904	0,042775	0,044999
C ₃ H ₈	0,114490	0,180251	0,218024	0,239720	0,252182
C ₄ H ₁₀	0,167691	0,264011	0,319336	0,351114	0,369367
C ₅ H ₁₂	0,090230	0,142057	0,171825	0,188924	0,198746
C ₆ H ₁₄	0,028516	0,044895	0,054303	0,059707	0,062811
C ₇ H ₁₆	0,001277	0,002010	0,002431	0,002673	0,002812
N ₂	0,470998	0,270535	0,155392	0,089255	0,051267
CO ₂	0,074670	0,042890	0,024635	0,014150	0,008128
O ₂	0,028719	0,016496	0,009475	0,005442	0,003126

Compuesto	6º DÍA	7º DÍA	8º DÍA	9º DÍA	10º DÍA
CH ₄	0,006749	0,006856	0,006917	0,006952	0,006973
C ₂ H ₆	0,046276	0,047010	0,047431	0,047673	0,047812
C ₃ H ₈	0,259340	0,263451	0,265813	0,267169	0,267949
C ₄ H ₁₀	0,379851	0,385873	0,389332	0,391319	0,392460
C ₅ H ₁₂	0,204387	0,207627	0,209488	0,210557	0,211171
C ₆ H ₁₄	0,064594	0,065618	0,066206	0,066544	0,066738
C ₇ H ₁₆	0,002892	0,002938	0,002964	0,002980	0,002988
N ₂	0,029447	0,016914	0,009715	0,005580	0,003205
CO ₂	0,004668	0,002682	0,001540	0,000885	0,000508
O ₂	0,001796	0,001031	0,000592	0,000340	0,000195

Tabla 2.1.2.2 - Composición de la mezcla por días.

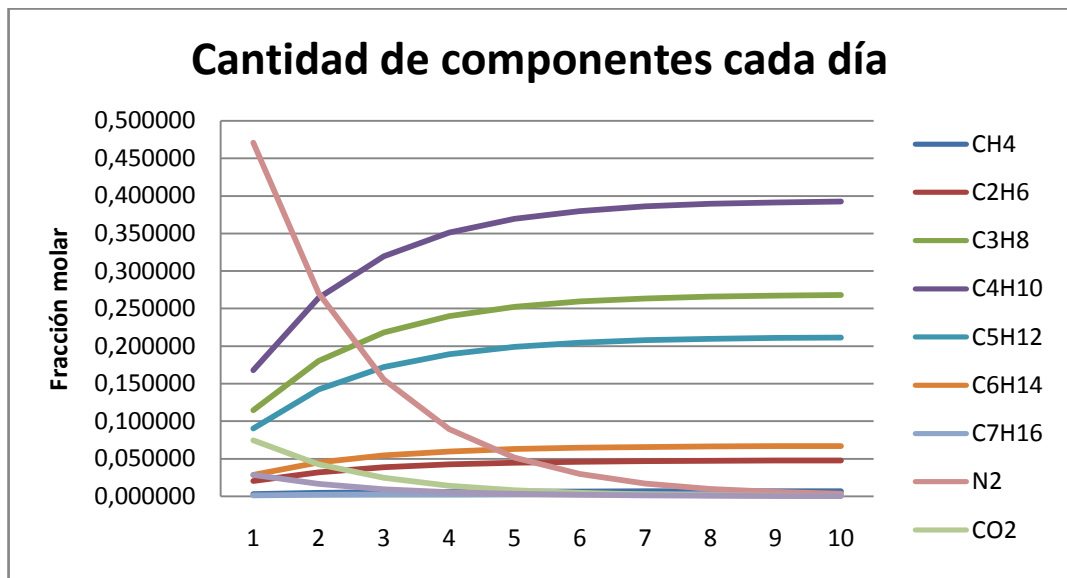


Figura 2.1.3 - Composición de cada componente al paso de los días.

Como la duración programada del viaje es de 10 días y la composición varía a lo largo de toda ella, se tomará como referencia la del 5º día.

Compuesto químico	Fracción molar	% mezcla
CH ₄	0,006562	0,66
C ₂ H ₆	0,044999	4,50
C ₃ H ₈	0,252182	25,22
C ₄ H ₁₀	0,369367	36,94
C ₅ H ₁₂	0,198746	19,87
C ₆ H ₁₄	0,062811	6,28
C ₇ H ₁₆	0,002812	0,28
N ₂	0,051267	5,13
CO ₂	0,008128	0,81
O ₂	0,003126	0,31

Tabla 2.1.2.3 - Composición gas de trabajo.

Debido a la cantidad de compuestos distintos que posee nuestro gas de trabajo y las dificultades que surgen de esta cantidad para realizar los cálculos oportunos en el software del NIST, es necesario la realización de una simplificación de nuestra mezcla a partir de la anterior, de forma que esta sea representativa y a la vez nos permita realizar los cálculos con cierta comodidad, cometiendo el mínimo error posible.

Para esta simplificación escogeremos los tres componentes con mayor porcentaje de la mezcla, es decir, el propano (C₃H₈), el butano (C₄H₁₀) y el pentano (C₅H₁₂), que representan el 82% de la mezcla.

Tomando ese 82% como el 100% de la mezcla tenemos las siguientes fracciones molares y porcentajes de mezcla:

Compuesto químico	Fracción molar	% mezcla
C ₃ H ₈	0,30742857	30,74
C ₄ H ₁₀	0,45028571	45,03
C ₅ H ₁₂	0,24228571	24,23

Tabla 2.1.2.3 - Composición mezcla simplificada.

2.1.3 Cálculo del caudal de la planta

Se diseñara una planta con un tamaño capaz de tratar todo el VOC que se genera cada día, de manera que para calcular el tamaño de la planta necesitamos saber el volumen de VOC que se genera cada día. Para obtener este dato buscamos en la bibliografía, que nos da estimaciones de generación de VOC. El caudal de VOC que se genera lo calculamos de la siguiente forma:

En primer lugar tomaremos el volumen total de carga de nuestro buque, sumando los 12 tanques de carga y los 2 tanques de slop.

Esta suma se ha realizado en el apartado (1.6.2 Disposición de tanques), dando un volumen total de 174581,40 m³. La máxima carga admisible de crudo en estos tanques es del 98% del volumen total. Por lo tanto calculando un 98% del volumen total de los tanques obtenemos el volumen máximo que podemos cargar en nuestro buque.

$$V_{\text{carga máxima}} = V_{\text{total}} \cdot \frac{98}{100} \quad (2.1.3.1)$$

$$V_{\text{carga máxima}} = 174581,40 \cdot \frac{98}{100} = 171089,77\text{m}^3 \quad (2.1.3.1)$$

La capacidad de carga máxima de crudo es de 171089,77m³.

Una vez calculada esta capacidad máxima de carga, y teniendo en cuenta que se genera una cantidad de VOC con una relación de 150mg/l por semana (1.4.4.2 Cantidad de VOC generada por día), podemos calcular la cantidad de VOC que se genera cada día, pudiendo de esta manera determinar el cálculo del caudal de VOC que debemos tratar.

En unidades del sistema internacional serán:

$$F_{\text{VOC GENERADO}} = 2,48 \times 10^{-7} \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3 \cdot \text{s}} \right] \quad (2.1.3.2)$$

El flujo másico de VOC será entonces de:

$$\dot{m} = V_{\text{carga máxima}} \cdot F_{\text{VOC GENERADO}} \quad (2.1.3.3)$$

$$\dot{m} = 171089,77[\text{m}^3] \cdot 2,48 \times 10^{-7} \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3 \cdot \text{s}} \right] = 4,24 \times 10^{-2} [\text{kg/s}] \quad (2.1.3.3)$$

Para calcular el caudal necesitamos saber la densidad. Tomamos este dato del software informático del Nist para una temperatura de 293K y una presión de 0,1MPa.

$$\rho_{\text{VOC}} = 2,4675 \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right] \quad (2.1.3.4)$$

Con la densidad del VOC podemos calcular el caudal volumétrico de gas que se genera por segundo.

$$\dot{V} = \frac{\dot{m}}{\rho} = \frac{4,24 \times 10^{-2}}{2,4675} = 1,72 \times 10^{-2} \left[\frac{\text{m}^3}{\text{s}} \right] \quad (2.1.3.5)$$

Con estos datos podemos calcular la cantidad de VOC que se genera cada día, y de esta manera, poder calcular el tamaño de la planta de condensado que se necesita:

$$1,72 \times 10^{-2} \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \times \frac{3600\text{s}}{1\text{h}} \times \frac{24\text{h}}{1\text{día}} = 1486,08 \left[\frac{\text{m}^3}{\text{día}} \right] \quad (2.1.3.6)$$

2.1.4 Cálculo de la temperatura de condensación

La temperatura de condensación de nuestra mezcla va a depender fundamentalmente de la composición de los gases por los que está formado la mezcla y por la presión de dicha mezcla.

Primeramente comprobamos la temperatura de condensación para nuestra mezcla simplificada, mediante el software del NIST, a la presión del tanque ($P=100\text{kPa}$). Para esta presión la temperatura de condensación será la siguiente:

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Mezcla simplificada} \\ P = 100\text{kPa} \end{array} \right. \rightarrow T_{\text{cond}} = 253,41\text{K} \quad (2.1.4.1)$$

Al aumentar la presión de la mezcla, también aumenta la temperatura de condensación, reduciendo de esta manera la temperatura de enfriamiento necesaria para la condensación de nuestra mezcla.

La temperatura de condensación para una presión ($P=700\text{kPa}$) será la siguiente:

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Mezcla simplificada} \\ P = 700\text{kPa} \end{array} \right. \rightarrow T_{\text{cond}} = 320\text{K} \quad (2.1.4.1)$$

Para asegurarnos que toda la mezcla simplificada va a condensarse, se realizará un sub-enfriamiento de 10° , debiendo tener en la mezcla a la salida del condensador la siguiente temperatura ($T=310\text{K}$).

2.1.5 Cálculos compresor

Realizaremos entonces los cálculos energéticos para nuestra mezcla simplificada, obteniendo los datos del software informático del NIST:

La presión a la entrada del compresor será de 100kPa y la temperatura de 293K . Con estos dos valores podemos obtener la entalpía en el punto 1:

$$\left\{ \begin{array}{l} T_1 = 293\text{K} \\ P_1 = 100\text{kPa} \end{array} \right. \rightarrow h_1 = 531,49\text{kJ/kg} \quad (2.1.5.1)$$

A la salida del compresor necesitamos una presión de 700kPa . Para el cálculo de la entalpía específica a la salida del compresor, obtendremos primero la entalpía específica del punto 2S mediante una compresión isoentrópica desde el punto 1.

$$\left\{ \begin{array}{l} P_2 = 700\text{kPa} \\ s_1 = s_{2s} = 2,30\text{kJ/kg} \cdot \text{K} \end{array} \right. \rightarrow h_{2s} = 615,94\text{ kJ/kg} \quad (2.1.5.2)$$

Con la fórmula del rendimiento isoentrópico podemos obtener el valor de la entalpía específica para el punto 2, correspondiente a la salida del compresor. El rendimiento isoentrópico de nuestro compresor es de $\eta_i = 0,8$.

$$\eta_i = \frac{h_{2s} - h_1}{h_2 - h_1} \rightarrow h_2 = \frac{615,94 - 531,49}{0,8} + 531,49 = 637,05 \text{ kJ/kg} \quad (2.1.5.3)$$

Con la presión de 700kPa del punto 2 y la entalpía específica, podemos obtener el resto de propiedades en ese punto mediante el software del NIST. Quedan de esta manera definidos los 3 puntos correspondientes al compresor en la siguiente tabla.

	Temperatura	Presión	Densidad	Entalpía	Entropía
	(K)	(kPa)	(kg/m ³)	(kJ/kg)	(kJ/kg·K)
PUNTO 1	293	100	2,4213	531,49	2,3078
PUNTO 2S	350,19	700	15,783	615,94	2,3078
PUNTO 2	360,24	700	15,114	637,05	2,3672

Tabla 2.2.5.1 - Puntos característicos del compresor

Se representa a continuación el proceso de compresión isoentrópica determinado por la línea verde (1-2s), y la compresión real determinada por la línea amarilla (1-2).

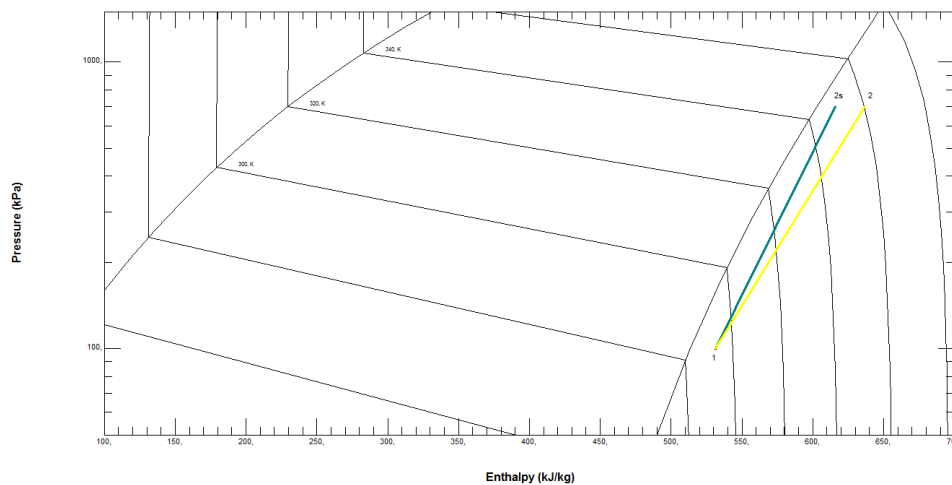


Figura 2.1.5.1 - Gráfica presión (kPA) - entalpía (kJ/kg)

Para el cálculo de la potencia del compresor necesitaremos la entalpía específica a la entrada y salida del compresor, así como el flujo másico, y se calcula mediante la siguiente ecuación.

$$P_{\text{compresor}} = \dot{m} \cdot (h_2 - h_1) = 0,042 \cdot (637,05 - 531,49) = 4,43 \text{ kW} \quad (2.1.5.4)$$

2.1.6 Cálculos condensador

En este apartado se calculará el tamaño del condensador. Para ello se realizarán los cálculos con la mezcla simplificada, aplicando las correcciones necesarias para adaptarlo a la mezcla original.

La carga de calor del condensador es la cantidad de calor que se debe extraer del fluido en el condensador. Para determinar esta carga se realiza un balance de energía, donde se toman la diferencia de entalpías en la entrada y salida del condensador.

$$Q_{\text{cond}} = \dot{m} \cdot (h_{\text{ent}} - h_{\text{sal}}) = 0,042 \cdot (637,05 - 204,11) = 18,18 \text{ kW} \quad (2.1.6.1)$$

Donde Q_{cond} es la carga del condensador, \dot{m} es el flujo másico y $(h_{\text{ent}} - h_{\text{sal}})$ la diferencia de entalpías entre la entrada y salida del condensador. A continuación podemos ver la diferencia de entalpías entre la entrada del condensador (punto 2) y la salida (punto 3), a presión constante ($P=700\text{kPa}$).

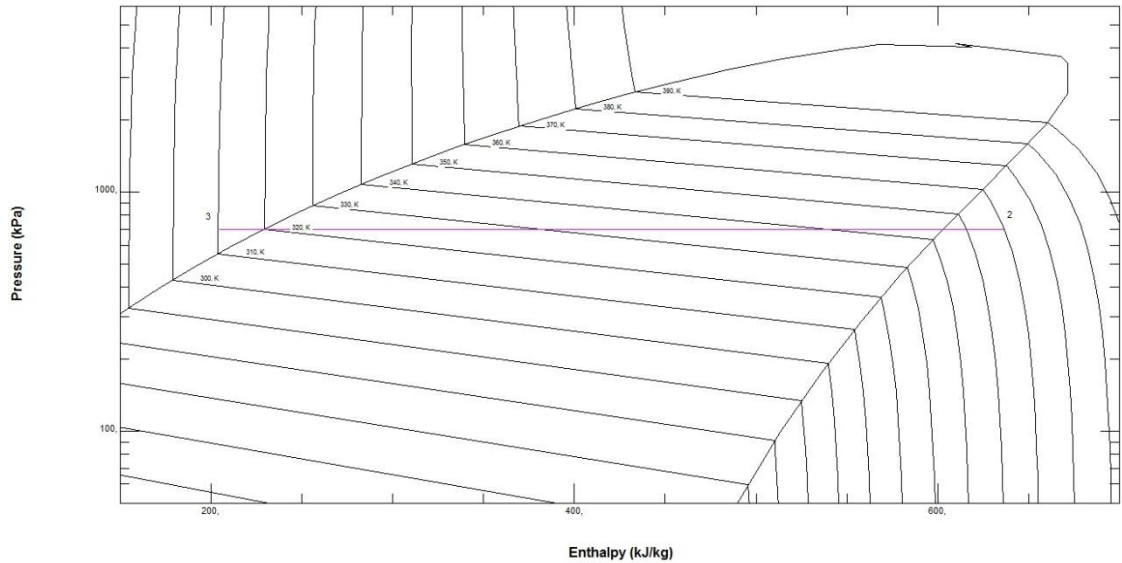


Figura 2.1.6.1 - Diferencia entalpía entrada y salida.

Este sería la carga del condensador si la mezcla solo tuviese los componentes de la mezcla simplificada, sin embargo, la mezcla posee otros componentes, algunos que no se van a condensar y que hacen variar esta carga. Para ello calcularemos la carga de condensador de cada componente individualmente, en función de su fracción molar.

Metano (CH_4)

$$\begin{cases} P_{\text{ent}} = 700\text{kPa} \\ T_{\text{ent}} = 360,24\text{K} \end{cases} \rightarrow h_{\text{ent}} = 1049,4 \text{ kJ/kg} \quad (2.1.6.2)$$

$$\begin{cases} P_{\text{sal}} = 700\text{kPa} \\ T_{\text{sal}} = 310\text{K} \end{cases} \rightarrow h_{\text{sal}} = 931,09 \text{ kJ/kg} \quad (2.1.6.3)$$

$$Q_{\text{CH}_4} = X_{\text{CH}_4} \cdot \dot{m} \cdot (h_{\text{ent}} - h_{\text{sal}}) \quad (2.1.6.4)$$

$$Q_{\text{CH}_4} = 0,0066 \cdot 0,042 \cdot (1049,4 - 931,09) = 32,79 \text{ W} \quad (2.1.6.4)$$

Etano (C_2H_6)

$$\begin{cases} P_{\text{ent}} = 700\text{kPa} \\ T_{\text{ent}} = 360,24\text{K} \end{cases} \rightarrow h_{\text{ent}} = 766,49 \text{ kJ/kg} \quad (2.1.6.5)$$

$$\begin{cases} P_{\text{sal}} = 700\text{kPa} \\ T_{\text{sal}} = 310\text{K} \end{cases} \rightarrow h_{\text{sal}} = 677,85 \text{ kJ/kg} \quad (2.1.6.6)$$

$$Q_{\text{C}_2\text{H}_6} = X_{\text{C}_2\text{H}_6} \cdot \dot{m} \cdot (h_{\text{ent}} - h_{\text{sal}}) \quad (2.1.6.7)$$

$$Q_{\text{C}_2\text{H}_6} = 0,045 \cdot 0,042 \cdot (766,49 - 677,85) = 0,17 \text{ kW} \quad (2.1.6.7)$$

Mezcla simplificada ($\text{C}_3\text{H}_8 + \text{C}_4\text{H}_{10} + \text{C}_5\text{H}_{12}$)

$$\begin{cases} P_{\text{ent}} = 700\text{kPa} \\ T_{\text{ent}} = 360,24\text{K} \end{cases} \rightarrow h_{\text{ent}} = 637,05 \text{ kJ/kg} \quad (2.1.6.8)$$

$$\begin{cases} P_{\text{sal}} = 700\text{kPa} \\ T_{\text{sal}} = 310\text{K} \end{cases} \rightarrow h_{\text{sal}} = 204,11 \text{ kJ/kg} \quad (2.1.6.9)$$

$$Q_{\text{mezcla simpl.}} = X_{\text{mezcla simpl.}} \cdot \dot{m} \cdot (h_{\text{ent}} - h_{\text{sal}}) \quad (2.1.6.10)$$

$$Q_{\text{mezcla simpl.}} = 0,82 \cdot 0,042 \cdot (637,05 - 204,11) = 14,91 \text{ kW} \quad (2.1.6.10)$$

Hexano (C_6H_{14})

$$\begin{cases} P_{\text{ent}} = 700\text{kPa} \\ T_{\text{ent}} = 360,24\text{K} \end{cases} \rightarrow h_{\text{ent}} = 46,29 \text{ kJ/kg} \quad (2.1.6.11)$$

$$\begin{cases} P_{\text{sal}} = 700\text{kPa} \\ T_{\text{sal}} = 310\text{K} \end{cases} \rightarrow h_{\text{sal}} = -75,20 \text{ kJ/kg} \quad (2.1.6.12)$$

$$Q_{\text{C}_6\text{H}_{14}} = X_{\text{C}_6\text{H}_{14}} \cdot \dot{m} \cdot (h_{\text{ent}} - h_{\text{sal}}) \quad (2.1.6.13)$$

$$Q_{\text{C}_6\text{H}_{14}} = 0,063 \cdot 0,042 \cdot (46,29 - (-75,20)) = 0,32 \text{ kW} \quad (2.1.6.13)$$

Heptano (C_7H_{16})

$$\begin{cases} P_{\text{ent}} = 700\text{kPa} \\ T_{\text{ent}} = 360,24\text{K} \end{cases} \rightarrow h_{\text{ent}} = -28,14 \text{ kJ/kg} \quad (2.1.6.14)$$

$$\begin{cases} P_{\text{sal}} = 700\text{kPa} \\ T_{\text{sal}} = 310\text{K} \end{cases} \rightarrow h_{\text{sal}} = -148,24 \text{ kJ/kg} \quad (2.1.6.15)$$

$$Q_{\text{C7H16}} = X_{\text{C7H16}} \cdot \dot{m} \cdot (h_{\text{ent}} - h_{\text{sal}}) \quad (2.1.6.16)$$

$$Q_{\text{C7H16}} = 0,003 \cdot 0,042 \cdot (-28,14 - (-148,24)) = 15,13 \text{ W} \quad (2.1.6.16)$$

Nitrógeno (N₂)

$$\begin{cases} P_{\text{ent}} = 700\text{kPa} \\ T_{\text{ent}} = 360,24\text{K} \end{cases} \rightarrow h_{\text{ent}} = 373,11 \text{ kJ/kg} \quad (2.1.6.17)$$

$$\begin{cases} P_{\text{sal}} = 700\text{kPa} \\ T_{\text{sal}} = 310\text{K} \end{cases} \rightarrow h_{\text{sal}} = 320,39 \text{ kJ/kg} \quad (2.1.6.18)$$

$$Q_{\text{N2}} = X_{\text{N2}} \cdot \dot{m} \cdot (h_{\text{ent}} - h_{\text{sal}}) \quad (2.1.6.19)$$

$$Q_{\text{N2}} = 0,051 \cdot 0,042 \cdot (373,11 - 320,39) = 0,11 \text{ kW} \quad (2.1.6.19)$$

Dióxido de carbono (CO₂)

$$\begin{cases} P_{\text{ent}} = 700\text{kPa} \\ T_{\text{ent}} = 360,24\text{K} \end{cases} \rightarrow h_{\text{ent}} = 556,72 \text{ kJ/kg} \quad (2.1.6.20)$$

$$\begin{cases} P_{\text{sal}} = 700\text{kPa} \\ T_{\text{sal}} = 310\text{K} \end{cases} \rightarrow h_{\text{sal}} = 510,76 \text{ kJ/kg} \quad (2.1.6.21)$$

$$Q_{\text{CO2}} = X_{\text{CO2}} \cdot \dot{m} \cdot (h_{\text{ent}} - h_{\text{sal}}) \quad (2.1.6.22)$$

$$Q_{\text{CO2}} = 0,008 \cdot 0,042 \cdot (556,72 - 510,76) = 15,44 \text{ W} \quad (2.1.6.22)$$

Oxígeno (O₂)

$$\begin{cases} P_{\text{ent}} = 700\text{kPa} \\ T_{\text{ent}} = 360,24\text{K} \end{cases} \rightarrow h_{\text{ent}} = 327,44 \text{ kJ/kg} \quad (2.1.6.23)$$

$$\begin{cases} P_{\text{sal}} = 700\text{kPa} \\ T_{\text{sal}} = 310\text{K} \end{cases} \rightarrow h_{\text{sal}} = 280,55 \text{ kJ/kg} \quad (2.1.6.24)$$

$$Q_{O_2} = X_{O_2} \cdot \dot{m} \cdot (h_{\text{ent}} - h_{\text{sal}}) \quad (2.1.6.25)$$

$$Q_{O_2} = 0,003 \cdot 0,042 \cdot (327,44 - 280,55) = 5,91 \text{ W} \quad (2.1.6.25)$$

Una vez que tenemos la carga de calor Q_i de cada componente en función de su fracción molar, y descartando tanto el hexano y el heptano, que se encontrarán en estado líquido y serán rechazados por el filtro - secador, podemos calcular la carga total de nuestro condensador.

$$Q_{\text{cond}} = \sum Q_i \quad (2.1.6.25)$$

$$Q_{\text{cond}} = Q_{CH_4} + Q_{C_2H_6} + Q_{\text{mezcla simpl.}} + Q_{N_2} + Q_{CO_2} + Q_{O_2} \quad (2.1.6.25)$$

$$Q_{\text{cond}} = 32,79 \cdot 10^{-3} + 0,17 + 14,91 + 0,11 + 15,44 \cdot 10^{-3} + 5,91 \cdot 10^{-3} \quad (2.1.6.25)$$

$$Q_{\text{cond}} = 15,24 \text{ kW} \quad (2.1.6.25)$$

El tamaño del condensador, es decir, su superficie de intercambio va a estar determinada por la carga de calor, la diferencia de temperatura media logarítmica y el coeficiente global de transferencia de calor.

Para el cálculo de la diferencia de temperatura media logarítmica se necesitan las temperaturas de entrada y salida del refrigerante. De acuerdo con la bibliografía podemos estimar las siguientes temperaturas para el fluido refrigerante:

$$T_{\text{refr. entrada}} = T_{\text{cond}} - 10 = 310 - 10 = 300\text{K} \quad (2.1.6.26)$$

$$T_{\text{refr. salida}} = T_{\text{refr. entrada}} + 15 = 300 + 15 = 315\text{K} \quad (2.1.6.27)$$

Donde:

$T_{\text{refr. entrada}}$ - Temperatura refrigerante a la entrada del condensador.

$T_{\text{refr. salida}}$ - Temperatura refrigerante a la salida del condensador.

T_{cond} - Temperatura a la salida del condensador.

La temperatura media logarítmica se calcula de acuerdo a la siguiente expresión:

$$\Delta T_{\text{ln}} = \frac{(T_{\text{ent}} - T_{\text{refr. salida}}) - (T_{\text{cond}} - T_{\text{refr. entrada}})}{\ln \frac{(T_{\text{ent}} - T_{\text{refr. salida}})}{(T_{\text{cond}} - T_{\text{refr. entrada}})}} \quad (2.1.6.28)$$

$$\Delta T_{\text{ln}} = \frac{(630,24 - 315) - (310 - 300)}{\ln \frac{360,24 - 315}{310 - 300}} = 23,35\text{K} \quad (2.1.6.28)$$

Donde:

T_{ent} - Temperatura a la entrada del condensador.

Calculamos la superficie de intercambio a través de la siguiente expresión:

$$A_{\text{cond}} = \frac{Q_{\text{cond}}}{U \cdot \Delta T_{\text{ln}}} \quad (2.1.6.29)$$

$$A_{\text{cond}} = \frac{Q_{\text{cond}}}{U \cdot \Delta T_{\text{ln}}} = \frac{15,24 \times 10^3}{23,35 \cdot 100} = 6,53\text{m}^2 \quad (2.1.6.29)$$

Donde:

Q_{cond} - Carga del condensador

U - Coeficiente global de transferencia de calor

ΔT_{ln} - Temperatura media logarítmica

Tomaremos un valor de la bibliografía de $U=100$ [$\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$] para el coeficiente de transferencia de calor para los fluidos gases-agua.

2.1.7 Cálculos tanque almacén

Al tanque almacén llegará la parte de la mezcla que se ha condensado, en este caso se corresponde con la mezcla simplificada, formada por el propano, el butano y el pentano. La fracción molar de esta mezcla es igual a $x_{mezcla\ simpl.} = 0,82$. Por lo que el flujo que llegará al tanque es el siguiente:

$$\dot{m} \cdot x_{mezcla\ simpl.} = 0,042 \cdot 0,82 = 0,034 \text{ kg/s} \quad (2.1.7.1)$$

Calculamos entonces la masa que se acumula durante los 10 días de viaje:

$$\frac{0,034 \text{ kg}}{\text{s}} \cdot \frac{3600 \text{ s}}{1 \text{ h}} \cdot \frac{24 \text{ h}}{1 \text{ día}} = 2975,61 \text{ kg/día} \quad (2.1.7.2)$$

$$m = \dot{m} \cdot t = 2975,61 \cdot 10 = 29756,16 \text{ kg} \quad (2.1.7.2)$$

Para obtener un volumen aproximado de lo que ocupará en el tanque, consultamos la densidad de la mezcla para las condiciones del tanque y calculamos su volumen:

$$\begin{cases} T = 310\text{K} \\ P = 700\text{kPa} \end{cases} \rightarrow \rho = 550,69 \text{ kg/m}^3 \quad (2.1.7.3)$$

$$29756,16 \text{ kg} \div 550,69 \text{ kg/m}^3 = 54,03 \text{ m}^3 \quad (2.1.7.4)$$

2.1.8 Cálculos de la refrigeración del condensador

Para saber la cantidad de refrigerante necesario aportar para la condensación del VOC bastará con realizar un simple balance de energía.

$$Q_{cond} = \dot{m}_{agua\ mar} \cdot c_{p\ agua\ mar} \cdot (T_{refr.\ salida} - T_{refr.\ entrada}) \quad (2.2.8.1)$$

$$\dot{m}_{agua\ mar} = \frac{15,24}{3,93 \cdot (315 - 300)} = 0,26 \left[\frac{\text{kg}}{\text{s}} \right] \quad (2.2.8.1)$$

Donde:

Q_{cond} - Carga del condensador

$\dot{m}_{agua\ mar}$ - Flujo másico agua de mar

$c_{p\ agua\ mar}$ - Calor específico agua de mar a presión constante

$T_{refr.\ salida}$ - Temperatura agua de refrigeración a la salida

$T_{refr.\ entrada}$ - Temperatura agua de refrigeración a la entrada

ANEXO II: CARACTERÍSTICAS COMPRESOR

2.2 ANEXO II

2.2.1 Compresor

2.2.1.1 Características técnicas

Principales características técnicas del compresor de la marca CORKEN modelo D491.

Specifications		Single-Stage Compressors							Two-Stage Compressors						
		D91	D291	D491	D491-3	D691	D691-4	D891 ^a	FD151	D191	FD351	D391	WFD551	FD591	D791 ^a
		T91	T291	T491	T491-3	T691	T691-4	T891 ^a	FT151	T191	FT351	T391	WFT551	FT591	T791 ^a
Bore of cylinder inches (mm)															
First stage		3.0 (76.2)	3.0 (76.2)	4.0 (101.6)	3.0 (76.2)	4.5 (114.3)	4.0 (101.6)	4.5 (114.3)	2.5 (63.5)	3.0 (76.2)	2.75 (69.9)	4.5 (114.3)	4.0 (101.6)	6.0 (152.4)	6.0 (152.4)
Second stage								3.0 (76.2)	1.25 (31.8)	1.75 (44.5)	1.75 (44.5)	2.5 (63.5)	2.5 (63.5)	3.25 (82.5)	3.25 (82.5)
Stroke inches (mm)		2.5 (63.5)	2.5 (63.5)	3.0 (76.2)	3.0 (76.2)	4.0 (101.6)	4.0 (101.6)	4.0 (101.6)	2.5 (63.5)	2.5 (63.5)	3.0 (76.2)	3.0 (76.2)	4 (101.6)	4.0 (101.6)	4.0 (101.6)
Piston displacement CFM (m ³ /hr)	@ 400 rpm	4.1 (7.0)	8.2 (13.9)	17.5 (29.7)	9.8 (16.7)	29.5 (50.1)	23.3 (39.6)	56.7 (96.3)	2.8 (4.76)	4.1 (7.0)	4.1 (7.0)	11.1 (18.9)	11.6 (19.7)	26.2 (44.5)	52.4 (89.0)
	@ 825 rpm	8.4 (14.3)	16.9 (28.7)	36.0 (61.2)	20.3 (34.5)	60.8 (103.3)	48.0 (81.6)	117.0 (198.8)	5.9 (10.0)	8.9 (15.2)	8.5 (14.4)	22.8 (38.7)	24.8 (42.1)	54.0 (91.7)	105.8 (179.8)
Maximum working pressure psig (bar g)		335 (23.1)	335 (23.1)	335 (23.1)	600 (41.4)	335 (23.1)	600 (41.4)	450 (31.0)	1,200 (82.8)	600 (41.4)	1,200 (82.8)	600 (41.4)	1,000 (69.0)	600 (41.4)	600 (41.4)
Maximum brake horsepower (kW)		7.5 (5.6)	15 (11)	15 (11)	15 (11)	35 (26.1)	35 (26.1)	45 (34)	15 (11)	15 (11)	15 (11)	15 (11)	35 (26.1)	35 (26.1)	45 (34)
Maximum rod load lbs (kg)		3,600 (1,633)	3,600 (1,633)	4,000 (1,814)	4,000 (1,814)	7,000 (3,175)	7,000 (3,175)	7,000 (3,175)	3,600 (1,633)	3,600 (1,633)	4,000 (1,814)	4,000 (1,814)	7,000 (3,175)	7,000 (3,175)	7,000 (3,175)
Maximum discharge temperature °F (°C) ^b		350 (177)	350 (177)	350 (177)	350 (177)	350 (177)	350 (177)	350 (177)	350 (177)	350 (177)	350 (177)	350 (177)	350 (177)	350 (177)	350 (177)
Bare unit weight with flywheel lbs (kg)		150 (68.0)	210 (95.2)	390 (176.9)	390 (176.9)	745 (337.9)	745 (337.9)	900 (408.2)	215 (97.5)	215 (97.5)	340 (154)	350 (158.8)	815 (369.7)	790 (358.8)	930 (421.9)
ANSI/DIN flange option		Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	–	Standard	Yes	Standard	Yes	Standard	Standard	–
Water-cooled option		–	–	–	–	Yes	Yes	–	–	–	Yes	Yes	Standard	Yes	–

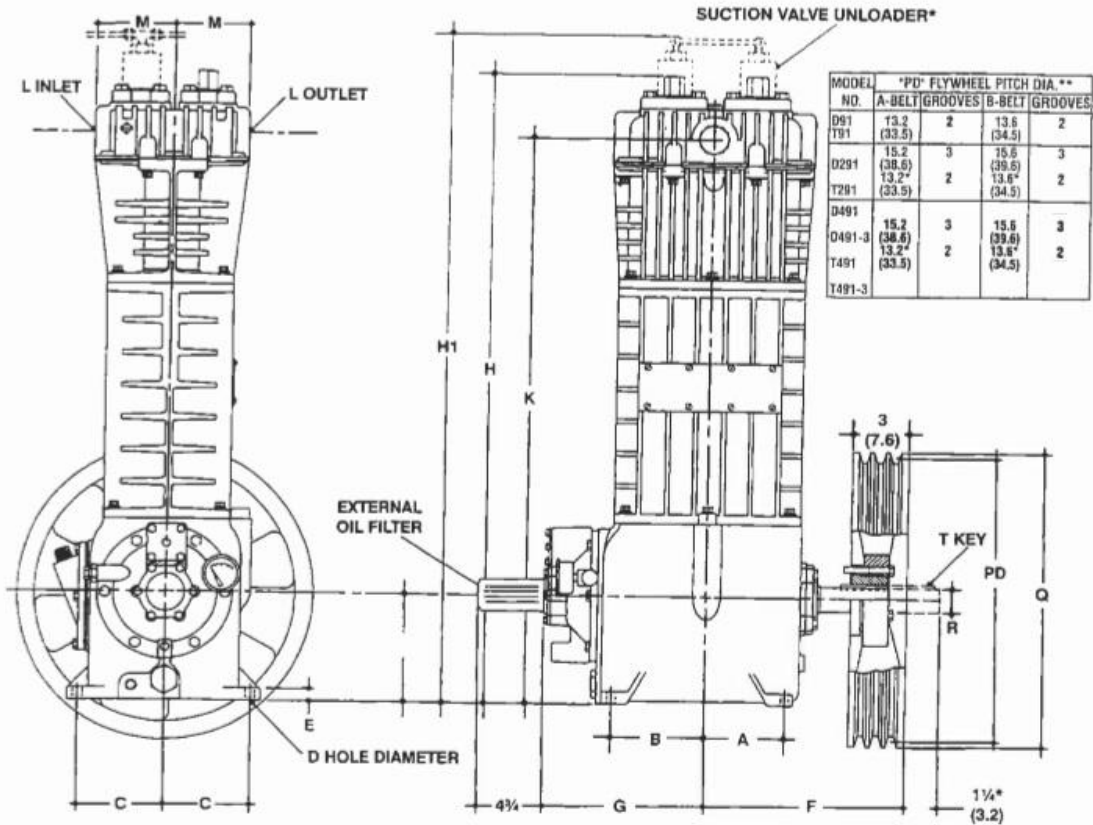
^aDouble-acting compressor
^b350°F discharge temperature requires use of high temperature O-rings, such as PTFE or Viton. Maximum recommended discharge temperature for use with Buna N or Neoprene O-rings is 250°F.

Note: Specific application conditions may limit a compressor's operating performance to less than the values shown on this page. Contact a Corken distributor or the factory for verification. Specifications may be changed without liability or advance notice.

Figura 2.2.1.1.1 - Características técnicas del compresor

2.2.1.2 Dimensiones características

GAS COMPRESSORS **EE 300C**
MODEL D91, D291, T291, D491, D491-3, T491, T491-3 MAY 1997
OUTLINE DIMENSIONS SUPERSEDES EE300B



DIMENSIONS IN INCHES (CENTIMETERS)

MODEL NO.	A	B	C	D	E	F	G	H	H1	J	K	L	M	Q	R	T
D91	1 3/16 (4.6)	2 1/8 (6.0)	3 1/16 (9.4)	9/16 (1.0)	5/8 (1.6)	6 1/4 (15.9)	8 5/8 (21.9)	29 3/16 (74.5)	31 11/16 (80.5)	5 (12.7)	26 11/16 (67.8)	3/4 NPT	2 3/8 (6.0)	14 (35.6)	1 1/8 (2.8)	3/4 (0.6)
T91								29 3/16 (74.5)	31 1/4 (79.4)		27 1/8 (69.7)			16 (40.6)		
D291	3 7/8 (8.6)	4 1/8 (10.5)	3 1/16 (9.4)	3/16 (1.0)	7/8 (1.6)	9 3/16 (24.9)	11 7/16 (29.0)	33 3/16 (85.9)	35 1/4 (89.5)	5 1/8 (13.5)	32 1/16 (82.4)	3/4 NPT	2 11/16 (6.8)	14* (35.6)	1 1/4 (3.2)	3/4 (0.6)
T291								33 3/16 (85.9)	35 1/4 (89.5)		32 1/16 (82.4)			16 (40.6)		
D491	4 1/8 (10.4)	5 (12.7)	4 1/16 (11.9)	1/2 (1.3)	7/16 (1.7)	10 1/16 (27.2)	12 1/2 (31.8)	34 1/2 (87.3)	35 13/16 (91.0)	5 7/8 (14.9)	30 13/16 (78.3)	1 1/4 NPT	4 (10.2)	14* (35.6)	1 3/8 (3.49)	5/16 (0.8)
D491-3								34 1/2 (87.3)	35 13/16 (91.0)		30 13/16 (78.3)			16 (40.6)		
T491								39 1/8 (99.4)	40 7/16 (103.0)		35 3/16 (90.3)			16 (40.6)		
T491-3								39 1/4 (99.7)	40 1/16 (103.3)		35 1/16 (90.6)			16 (40.6)		

*OPTIONAL
 **OTHER SIZES AVAILABLE

CORKEN, INC. • A Unit of IDEX Corporation • P.O. Box 12338, Oklahoma City, OK 73157 • Phone (405) 946-5576

Figura 2.2.1.2.1 - Dimensiones características

“TITULO: CONDENSACIÓN DE VOC EN PETROLEROS”

PLANOS

GRADO EN TECNOLOGÍAS MARINAS

ENERGÍA Y PROPULSIÓN









ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA Y MÁQUINAS

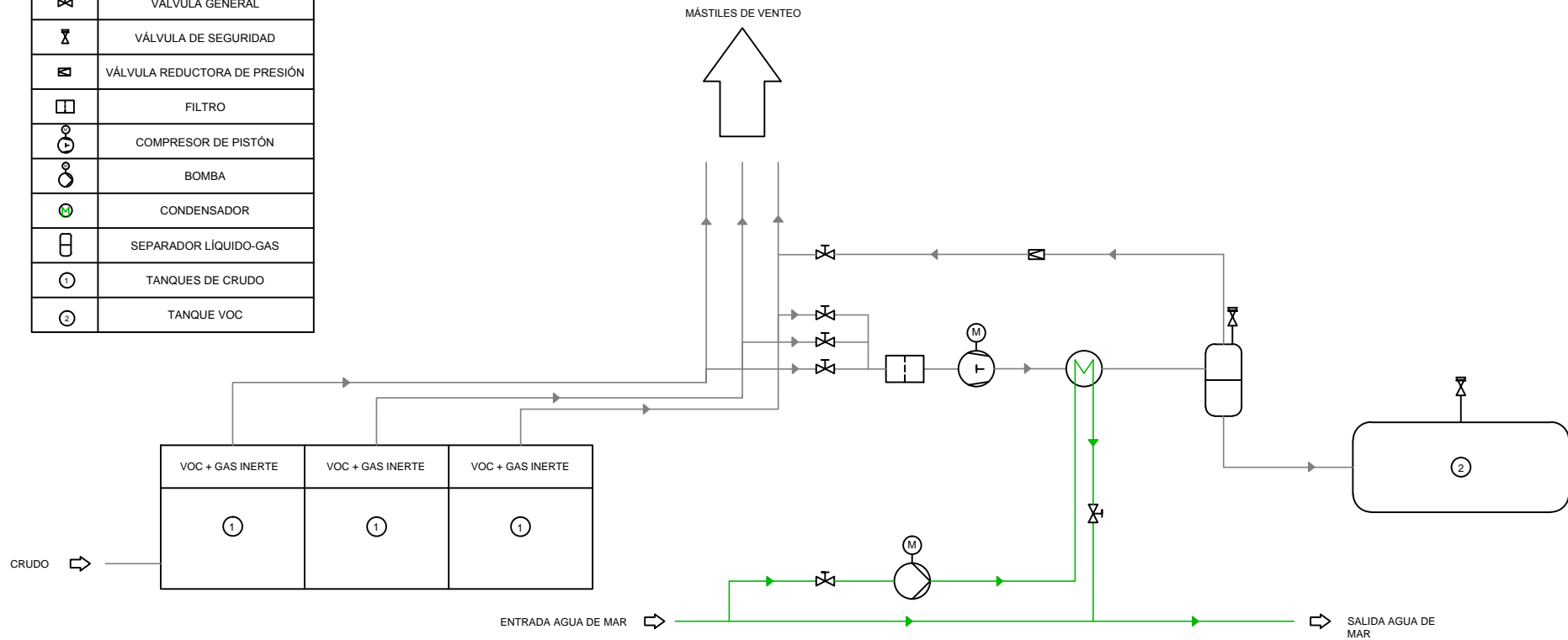
FECHA: **JUNIO - 2015**

AUTOR: El alumno

Fdo.: César Ramos Hermida

3.1 PLANO 01.....61

LEYENDA	
	LÍNEA DE VOC
	LÍNEA AGUA DE MAR
	VÁLVULA GENERAL
	VÁLVULA DE SEGURIDAD
	VÁLVULA REDUCTORA DE PRESIÓN
	FILTRO
	COMPRESOR DE PISTÓN
	BOMBA
	CONDENSADOR
	SEPARADOR LÍQUIDO-GAS
	TANQUES DE CRUDO
	TANQUE VOC



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA Y MÁQUINAS	
GRADO EN TECNOLOGÍAS MARINAS	
TÍTULO DEL PROYECTO:	CONDENSACIÓN DE VOC EN BUQUES PETROLEROS
PLANO:	ESQUEMA PLANTA DE CONDENSACIÓN JUNIO - 2015
AUTOR:	CÉSAR RAMOS HERMIDA TFG/GTM/E-24-15

“TITULO: CONDENSACIÓN DE VOC EN PETROLEROS”

PLIEGO DE CONDICIONES

GRADO EN TECNOLOGÍAS MARINAS

ENERGÍA Y PROPULSIÓN

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA Y MÁQUINAS

FECHA: **JUNIO - 2015**

AUTOR: El alumno

Fdo.: César Ramos Hermida

4 EL PLIEGO DE CONDICIONES	66
4.1 Objetivo.....	66
4.2 Condiciones administrativas	66
4.2.1 Contratación de la empresa	66
4.2.2 Rescisión del contrato.....	68
4.2.3 Contrato	70
4.2.4 Personal facultativo	70
4.2.5 Validez de la oferta.....	71
4.2.6 Contraindicaciones y omisión en la documentación.....	71
4.2.7 Planos provisionales	71
4.2.8 Adjudicación del concurso	72
4.2.9 Reglamentos y normas.....	73
4.2.10 Materiales.....	73
4.2.11 Plazos de ejecución de las obras	74
4.2.11.1 Inicio.....	74
4.2.11.2 Plazos.....	74
4.2.12 Fianza provisional, definitiva y fuentes de garantía.....	75
4.2.12.1 Fianza provisional	75
4.2.12.2 Fianza definitiva	75
4.2.12.3 Fondos de garantía	76
4.2.13 Interpretación y desarrollo del proyecto.....	76
4.2.14 Medios auxiliares	77
4.3 Condiciones económicas y legales	77
4.3.1 Principio general	77
4.3.2 Fianzas	78
4.3.3 Precios	78
4.3.3.1 Precios unitarios	78
4.3.3.2 Beneficio industrial	79
4.3.3.3 Precio de ejecución material.....	79
4.3.4 Pagos	79
4.3.5 Indemnizaciones mutuas.....	80
4.3.6 Demora de los pagos	80
4.3.7 Seguro de las obras	80

4.4 Condiciones técnicas: Equipos a presión	80
4.4.1 Disposiciones generales	80
4.4.2 Referencias y normativas:.....	81
4.4.3 Definiciones generales	81
4.4.3.1 Aparato sometido a presión	81
4.4.3.2 Tuberías	81
4.4.3.3 Sistemas	82
4.4.3.4 Diseño mecánico.....	82
4.4.3.5 Ingeniería	82
4.4.3.6 Fabricante	82
4.4.3.7 Reparador	83
4.4.3.8 Instalador	83
4.4.3.9 Usuario.....	83
4.4.3.10 Inspector propio.....	83
4.4.3.11 Inspecciones y pruebas previas	83
4.4.3.12 Inspecciones y pruebas periódicas.....	84
4.4.3.13 Control de calidad.....	84
4.4.4 Definiciones de ámbito técnico	84
4.4.4.1 Presión de diseño (Pd)	84
4.4.4.2 Presión máxima de servicio (Pms)	84
4.4.4.3 Presión de precinto (Pt).....	84
4.4.4.4 Presión de servicio (Ps).....	84
4.4.4.5 Presión de prueba (Pp).....	85
4.4.4.6 Temperatura de diseño (Td).....	85
4.4.4.7 Temperatura máxima de servicio (Tms).....	85
4.4.4.8 Temperatura de servicio (Ts)	85
4.4.5 Condiciones generales para todos los aparatos a presión.....	85
4.4.5.1 Manual de diseño	85
4.4.5.2 Certificados	86
4.4.5.3 Proceso de fabricación.....	86
4.4.5.4 Legalización de aparatos a presión.....	86
4.4.5.5 Instalación	88
4.4.5.6 Inspecciones y pruebas.....	89

4.4.5.6.1 Inspecciones y pruebas oficiales	89
4.4.5.6.2 Inspecciones y pruebas en el taller del fabricante.....	89
4.4.5.6.3 Inspecciones y pruebas en el lugar de emplazamiento del equipo .	89
4.4.5.7 Placas.....	91
4.4.5.8 Elementos de seguridad.....	92
4.4.6 Pruebas para las tuberías.....	92
4.4.7 Prueba de los sistemas antes de la puesta en marcha.....	92
4.4.7.1 Prueba hidrostática.....	93
4.4.7.2 Lavado del equipo.....	93

4 EL PLIEGO DE CONDICIONES

4.1 Objetivo

El objetivo del presente pliego de condiciones es definir el conjunto de directrices, requisitos y normas aplicables al desarrollo de la planta de condensación a la que se refiere el proyecto del que forma parte. Se definirán en este pliego las condiciones administrativas, las condiciones económicas y legales, las condiciones facultativas y las condiciones técnicas.

4.2 Condiciones administrativas

4.2.1 Contratación de la empresa

La contratación de la empresa se efectuará por parte del promotor de la obra y bajo la tutela del director técnico de la misma.

Los requisitos mínimos se establecerán por parte del contratante y no se aceptarán ofertas que no los cumplan. Las ofertas se enviarán por triplicado y bajo las condiciones fijadas por la propiedad.

En caso de existir discrepancias, defectos u omisiones en cualquier de los documentos del presente proyecto, las empresas ofertantes podrán requerir al respecto las pertinentes aclaraciones presentándolas en un plazo inferior a la mitad del plazo estipulado a las bases de la demanda. Estos requerimientos se estudiarán por parte de la empresa contratante y una vez tomada la decisión se informará a los ofertantes en un plazo inferior a 7 días laborales. Los resultados de las aclaraciones se transmitirán a todas las empresas ofertantes si se estipula necesario debido a tratarse de información de interés general. Podrán modificar por exceso los plazos de presentación (por parte de la empresa contratante) si se considera oportuno a tal efecto. La ampliación de plazos se tendrá que comunicar obligatoriamente a todas las empresas activas en el concurso de las obras.

Los documentos a presentar obligatoriamente por los ofertantes serán los siguientes (en original y con copias por duplicado):

- Primer cuadro de precios, en letra y cifras numéricas los precios unitarios asignados a cada unidad de obra la definición de las cuales figuren en el siguiente contrato. Se incluirán todos los porcentajes de partidas generales, beneficio industrial y los pertinentes IVA que facturarán independientemente.
- Prevaldrá el precio en cifras escritas en caso de existir diferencias defectos de forma, así como prevaldrá el primer cuadro de precios respecto el segundo cuadro de precios.
- Segundo cuadro de precios, donde se especificará la repartición siguiendo la siguiente estructura de apartados:
 - Mano de obra por categorías profesionales (horas y coste de hora por categoría profesional).
 - Materiales y cantidades requeridas expresando el precio de cada elemento y su precio unitario.
 - Maquinaria y medios auxiliares, indicando el tipo de máquina, número de horas invertidas por aparato y coste horario.
 - Transporte, indicando en las unidades que lo requieran el precio por tonelada y kilómetro.
 - Resto de elementos no nombrados anteriormente y que se incluirán en partidas secundarias.
 - Porcentaje de gastos generales, beneficio industrial e IVA.
- Presupuesto de ejecución material, obtenido al aplicar los precios unitarios a las mediciones del proyecto. En caso de existir variaciones o defectos de forma entre

el presupuesto y el primer cuadro de precios, siempre prevalecerá el cuadro de precios.

4.2.2 Rescisión del contrato

Cuando a juicio del contratante, se produzca por parte del contratista el incumplimiento de algunas de las cláusulas del contrato las cuales puedan ocasionar graves interferencias en la realización de las obras, en el cumplimiento de los plazos, o en su aspecto económico, la empresa contratante podrá decidir la resolución del contrato con las penalizaciones que tuviesen que ocurrir.

También se podrá proceder a la resolución con pérdida de fianza y garantía suplementaria si hubiese en caso de ocurrir alguna de las siguientes suposiciones:

- a) Cuando no se haya efectuado el montaje de las instalaciones y medios auxiliares o no se haya aportado la maquinaria relacionada con la oferta o su equivalente en potencia o capacidad en los plazos previstos incrementados en un 25 %, o si el contratista haya sustituido la nombrada maquinaria en sus elementos principales sin la previa autorización de la empresa contratante.
- b) Cuando durante un periodo de tres meses consecutivos y considerados conjuntamente, no se llegase a un ritmo de ejecución del 50 % del programa aprobado para la obra característica.
- c) Cuando se cumpla el plazo final de obra y hagan falta aún ejecutar más del 20 % de presupuesto de obra. La imposición de las multas establecidas por los retardos sobre este plazo, no obligará a la empresa contratante a la prórroga del mismo, pudiéndose elegir por su parte entre la resolución o la continuidad del contrato.

Será también causa suficiente para la rescisión del contrato, alguno de los hechos siguientes:

- La fallida, defunción o incapacidad del contratista. En este caso, la empresa contratante podrá optar por la resolución del contrato, o por que se subroge en el lugar del contratista, los síndicos de la fallida o sus representantes.
- La disolución, por cualquier motivo, de la sociedad, si el contratista fuese una persona jurídica. Si el contratista, es una agrupación temporal de empresas y alguna de las integrantes se encuentra incluida en alguno de los supuestos previstos, la empresa contratante estará facultada para exigir el cumplimiento de las obligaciones pendientes del Contrato a las restantes empresas que constituyen la agrupación.

Si se procede a la suspensión de la obra iniciada, siempre por motivos alienaos al contratista, y no está previsto poder dar inicio a la obra en un plazo de 3 meses, se podrá rescindir el contrato.

Cuando el motivo de la rescisión sea imputable al contratista, este estará obligado a dejar a disposición de le empresa contratante hasta la completa finalización de los trabajos, la maquinaria y medios auxiliares existentes en la obra que la empresa contratante estime oportuno (abonando el contratante un alquiler igual a lo estipulado en el baremo por trabajos por administración, pero descontando los porcentajes de gastos generales y beneficio industrial del contratista).

El contratista, se compromete como obligación subsidiaria de la cláusula anterior, a conservar la propiedad de las instalaciones, medios auxiliares y maquinaria seleccionada por la empresa contratante a reconocer como obligación precedente frente a terceros, la derivada de esta condición.

La empresa contratante, comunicará al contratista, con un mínimo de 30 días de anticipación, la fecha en que desea reintegrar los elementos que venía utilizando. La devolución, se realizará a pie de obra, siendo a cargo del contratista los gastos para su traslado definitivo.

En todos los contratos rescindidos, se procederá a efectos de garantías y finanzas, a efectuar las recepciones provisionales y definitivas de todos los trabajos ejecutados por el contratista hasta la fecha de rescisión.

4.2.3 Contrato

Dentro de los treinta días siguientes a la comunicación de la adjudicación y a simple requerimiento de la empresa contratante, depositará la fianza definitiva y formalizará el contrato en el lugar y hora que se le notifique oficialmente.

Una vez depositada la fianza definitiva y firmando el contrato, la empresa contratante procederá, a petición del interesado, a devolver la fianza provisional, en caso de que hubiese.

Cuando por causas imputables al contratista, no se pudiese formalizar el contrato en el plazo estipulado, la empresa contratante podrá proceder a anular la adjudicación con incautación de la fianza provisional.

Se considerará a efectos de plazos de ejecución, una fecha de inicio de las mismas que se especifique en el pliego particular de condiciones y en su defecto la del orden de inicio de los trabajos. El orden de inicio, se comunicará al contratista en un plazo no superior a 90 días a partir de la fecha de firma del contrato.

4.2.4 Personal facultativo

El contratista designará su representante a pie de obra y se comunicará por escrito a la empresa contratante especificando sus poderes, que tendrán que ser suficientemente amplios para recibir y resolver en consecuencia las comunicaciones y órdenes de la representación de la empresa contratante. En ningún caso será excusable por causa de la ausencia del representante del contratista a pie de obra.

El contratista, está obligado a presentar al contratante una relación del personal facultativo responsable de la ejecución de la obra contratada y de dar también posteriormente una relación de los cambios que en el mismo se efectúen, durante la vigencia del contrato.

La empresa contratante se reserva el derecho de dar conformidad a la empresa contratante en este aspecto e referencia al representante así como de cualquier técnico facultativo con grado de responsabilidad en la ejecución de los trabajos.

4.2.5 Validez de la oferta

No se tendrá en consideración ninguna oferta presentada fuera de los plazos establecidos por el contratante y bajo ningún concepto, así como tampoco aquellas ofertas que presenten carencias por lo que refiere a la documentación mínima a presentar por parte del ofertante.

La validez de la oferta tendrá efectividad durante un periodo mínimo de tres meses a partir de la data límite para la recepción de ofertas, excepto que se produzcan modificaciones en los plazos por parte del propietario.

4.2.6 Contraindicaciones y omisión en la documentación

Las omisiones en los apartados de planos y pliego de condiciones o las descripciones erróneas de los detalles de la obra que tengan que ser corregidos para que se puede llevar a cabo lo estipulado en el proyecto, no solo no exime al contratista de la obligación de ejecutar estos detalles de obra omitidos o erróneamente descritos sino que por lo contrario, tendrán que ser ejecutados como si hubiesen estado correctamente especificados en los correspondientes apartados de planos y pliego de condiciones.

4.2.7 Planos provisionales

Con la finalidad de acelerar los trámites de licitación y adjudicación de las obras y consecuentemente iniciación de las mismas, la empresa contratante, podrá

facilitar a los contratistas, y únicamente para consulta, documentación con carácter provisional. La documentación provisional no podrá ser utilizada en la ejecución de los trabajos.

La documentación provisional tendrá única y exclusivamente carácter provisional y solo servirá para establecer criterios de mediciones y permitir el estudio de precios en el que se basará la redacción del presupuesto de la empresa ofertante para el concurso de las obras.

Toda la documentación provisional estará debidamente marcada por tal de evitar su uso negligente. La empresa propietaria está obligada a entregar la documentación con los plazos suficientes que permitan el correcto cumplimiento de fechas del contrato de ejecución.

4.2.8 Adjudicación del concurso

La empresa contratante procederá al estudio de todas y cada una de las ofertas presentadas por los licitadores y las estudiará en todos los aspectos. La empresa contratante tendrá alternativamente la facultad de adjudicar el concurso a la propuesta más ventajosa, sin atender necesariamente al valor económico de la misma, o declarar caso de ser oportuno desierto el concurso.

En caso de declararse desierto el concurso, se podrá suspender definitivamente la licitación de la sobras o proceder a la realización de un nuevo concurso pudiendo ser introducidas las variaciones estimadas necesarias por parte de la propiedad, en lo que refiere al sistema de licitación contratación. Una vez pasados los plazos máximos de solución de ofertas, los contratistas podrán retirarse sin incurrir en ningún delito sus ofertas y proceder así mismo a retirar las fianzas depositadas como garantía de las mismas.

En caso de producirse favorablemente la resolución de la oferta, el contratista escogido recibirá mediante documentación certificada la carta de intención por parte del contratante.

En un plazo máximo de dos semanas a partir de la confirmación de recepción de la notificación, el contratista bajo requerimiento de la empresa contratante procederá a formalizar el contrato. En tanto que no se firme el contrato y se constituya la fianza definitiva, el contratante procederá a retener la fianza provisional depositada por el contratista a efecto de que la oferta presentada se mantenga en todos sus preceptos.

4.2.9 Reglamentos y normas

Todas las unidades de obra se ejecutarán cumpliendo las prescripciones indicadas en sus reglamentos de seguridad y normas técnicas de obligado cumplimiento para el tipo de instalaciones comprendidas en el presente proyecto así como todas las que se describen en la memoria descriptiva del presente proyecto de instalación. Se adoptarán además, las presentes condiciones particulares e instrucciones complementarias que afecten a las indicadas por los reglamentos y normas nombradas.

4.2.10 Materiales.

Todos los materiales usados serán de primera calidad y cumplirán las especificaciones y características indicadas en el proyecto, pliego de condiciones técnicas así como las normas técnicas generales, así como las de la compañía suministradora de energía, por lo que refiere a este tipo de materiales.

Toda especificación o característica de materiales que figuren en los documentos del proyecto, son igualmente de obligatorio cumplimiento.

En caso de existir contradicción u omisión en los documentos del proyecto, el contratista tendrá la obligación de ponerlo de manifiesto al técnico director de la obra, que decidirá sobre el particular. En ningún caso podrá suplir la falta directamente, sin autorización específica.

Una vez adjudicada la obra definitivamente y antes de iniciarse, el contratista presentará al técnico director los catálogos, cartas de muestra, certificados de

garantía o de homologación de los materiales que se vayan a utilizar. No podrán utilizarse materiales que no hayan sido aceptados por el técnico director.

4.2.11 Plazos de ejecución de las obras

4.2.11.1 Inicio

El contratista dará inicio a la obra en el plazo que figure en el contrato establecido con la propiedad, o en su defecto a los quince días de la adjudicación definitiva o de la firma del contrato.

El contratista tiene la obligación de comunicar por escrito o personalmente en persona al técnico director la fecha de inicio de los trabajos.

4.2.11.2 Plazos

En el pliego particular de condiciones de cada obra, se establecerán los plazos parciales y plazos finales de ejecución, a los cuales el contratista se tendrá que ajustar obligatoriamente.

La obra se ejecutará en el plazo que se establezca con la propiedad o en su defecto en el que se establezca en las condiciones de este pliego. Una vez el contratista, de acuerdo con alguno de los extremos incluidos en el presente pliego de condiciones, o bien en el contrato establecido con la propiedad, solicite una inspección para poder realizar un trabajo con posterioridad que esté condicionado por la misma, estará obligado a tener preparada para la nombrada inspección, una cantidad de obra que corresponda a un ritmo normal de trabajo.

Cuando el ritmo de trabajo establecido por el contratista, bien no sea normal, o bien a petición de una de las partes, se podrá convenir una programación de inspecciones obligatorias de acuerdo con el plan de la obra.

Los plazos parciales corresponderán a la finalización y puesta a disposición de determinados elementos, obras o conjuntos de obras, que se consideren necesarios para la consecución de otras fases del montaje de la instalación.

La finalización de la obra y su puesta a disposición, será independiente del importe de los trabajos realizados a precio de contrato, salvo que el importe de la hora característica supere en un mínimo del 10 % del presupuesto asignado para esta parte de la obra.

En la valoración final de los trabajos realizados, no se tendrá en consideración los aumentos del coste producidos por revisiones de precios y si únicamente los aumentos reales del volumen de obra.

En el caso que el importe de la obra característica realizada supere en un 10 % el presupuesto para este capítulo de la obra, los plazos parciales y finales se prorrogarán en un plazo igual al incremento porcentual que exceda de este 10 %.

4.2.12 Fianza provisional, definitiva y fuentes de garantía

4.2.12.1 Fianza provisional

La fianza provisional del mantenimiento de las ofertas se constituirá para los contratistas ofertantes por la cantidad que se fije en las bases de licitación. Esta fianza se depositará al tomar parte en el concurso y se hará efectivo.

4.2.12.2 Fianza definitiva

En la firma del contrato, el contratista tendrá que constituir la fianza definitiva para un importe igual al 5 % del presupuesto total de la adjudicación.

La empresa contratante se reserva el derecho de modificar el anterior porcentaje, estableciendo previamente a las bases del concurso el importe de la fianza.

La fianza se constituirá en efectivo o por aval bancario realizable a satisfacción de la empresa contratante. En el caso que el aval bancario sea efectuado por diversos bancos, todos ellos quedan obligados solidariamente con la empresa contratante y con renuncia expresa a los beneficios de división y exclusión. El modelo de aval bancario, será facilitado por la empresa contratante, habiéndose de ajustar obligatoriamente el contratista a este modelo. La fianza, tendrá carácter irrevocable desde el momento de la firma del contrato, hasta la liquidación final de las obras y será devuelta una vez realizada esta.

La fianza retenida será devuelta al contratista en un plazo no superior a treinta días una vez firmada el acta de recepción definitiva.

4.2.12.3 Fondos de garantía

Independientemente de esta fianza, la empresa contratante retendrá el 5 % de las certificaciones mensuales, las cuales se irán acumulando hasta constituir un fondo de garantía.

Este fondo de garantía responderá de los defectos de ejecución o de la mala calidad de los materiales suministrados por el contratista, pudiendo la empresa contratante realizar con cargo en esta cuenta las reparaciones pertinentes, en caso que el contratista no ejecutase por su parte y cargo esta reparación.

Este fondo de garantía se devolverá, una vez deducidos los impuestos a que pudiese dar lugar el párrafo anterior, a la recepción definitiva de las obras.

4.2.13 Interpretación y desarrollo del proyecto

La interpretación técnica de los documentos del proyecto, corresponderá al técnico director. El contratista está obligado a someter a este, cualquier duda, aclaración o contradicción que surja durante la ejecución de la obra por causa del proyecto, o circunstancias ajenas, siempre con la suficiente antelación en función de la importancia del asunto.

El contratista se hará responsable de cualquier error en la ejecución motivado por la omisión de esta obligación y consecuentemente tendrá que rehacer a su cargo los trabajos que correspondan a la correcta interpretación del proyecto. El contratista, está obligado a realizar todo cuando sea necesario para la buena ejecución de la obra, aunque no quede expresado explícitamente en el pliego de condiciones o en los documentos del proyecto.

El contratista notificará por escrito o personalmente de forma directa al técnico director y con suficiente antelación las fechas donde quedaran listas para inspección, cada una de las partes de la obra para las que se han indicado la necesidad o conveniencia de la misma o para aquellas que, total o parcialmente tengan que quedar ocultas con posterioridad. De las unidades de obra que se hayan de quedar ocultas, se tomarán antes de producirse, los datos precisos para su medición, a los efectos de liquidación y que sean suscritas por el técnico director de encontrarlas correctas. De no cumplirse este requisito, la liquidación se realizará en base a los datos o criterios de medición aportados por este.

4.2.14 Medios auxiliares

Serán por cuenta del contratista todos los medios y máquinas auxiliares que sean precisos para la ejecución de las obras. En la utilización de los mismos será obligatorio el cumplimiento de todos los reglamentos de seguridad en los trabajos vigentes y a utilizar los medios de protección de sus operarios.

4.3 Condiciones económicas y legales

4.3.1 Principio general

Todos los que intervienen en el proceso de construcción tiene derecho a percibir puntualmente las cantidades acreditadas para su correcta actuación de acuerdo con las condiciones contractualmente establecidas.

La propiedad, el contratista y, en su caso, los técnicos pueden exigirse recíprocamente las garantías adecuadas al cumplimiento puntual de las obligaciones de pagamiento.

4.3.2 Fianzas

El contratista prestará fianza de acuerdo con algunos de los procedimientos siguientes, según que estipule:

- Depósito previo, en metálico o valores, o aval bancario, por importe entre el 3 por 100 y 10 por 100 del precio total de contrato.
- Mediante retención a las certificaciones parciales o pagamientos a cuenta en la misma proporción.

4.3.3 Precios

4.3.3.1 Precios unitarios

El cálculo de los precios de las distintas unidades de obra es el resultado de sumar los costes directos, los indirectos, los gastos generales y el beneficio industrial.

Se consideran costes directos:

- La mano de obra, con sus pluses, cargas y seguros sociales, que intervengan directamente en la ejecución de la unidad de obra.
- Los materiales, los precios resultantes a pie de obra, que queden integrados en la unidad que se trate o que sean necesarios para su ejecución.
- Los equipos y sistemas técnicos de seguridad e higiene para la prevención y protección de accidentes y enfermedades profesionales.

- Los gastos de personal, combustible, energía, etc. que tengan lugar por el accionamiento o funcionamiento de la maquinaria e instalación utilizadas en la ejecución de la unidad de obra.
- Los gastos de amortización y conservación de la maquinaria, instalaciones, sistemas y equipos anteriormente citados.

Se considerarán costes indirectos:

- Los gastos de instalación de oficinas a pie de obra, comunicaciones, edificación de almacenes, talleres, pabellones temporales para obreros, laboratorios, seguros, etc., los del personal técnico y administrativo y los imprevistos. Todos estos gastos, se cifrará en un porcentaje de los costes directos.

Se considerarán gastos generales:

- Los gastos generales de empresa, gastos financieros, carga fiscales y tasas de la administración, legalmente establecidas. Se cifrarán como un porcentaje de la suma de los costes directos e indirectos (en los contratos de obras de la Administración pública este porcentaje se establece entre un 13 por 100 y un 17 por 100).

4.3.3.2 Beneficio industrial

El beneficio industrial del contratista se establece en el 6 por 100 sobre la suma de las partidas anteriores.

4.3.3.3 Precio de ejecución material

Se nombrará precio de ejecución material el resultado obtenido por la suma de los anteriores conceptos excepto el beneficio industrial.

4.3.4 Pagos

El propietario pagará en los plazos previamente establecidos.

4.3.5 Indemnizaciones mutuas

La indemnización por retraso en la finalización se establecerá en un tanto por mil del importe total de los trabajos contratados, por cada día natural de retraso, contados a partir del día de finalización fijado en el calendario de obra.

Las sumas resultantes se descontarán y retendrán con cargo a la fianza.

4.3.6 Demora de los pagos

Si el propietario no pagase las obras ejecutadas, dentro del mes siguiente a que corresponde el plazo convenido, el contratista tendrá además el derecho de percibir el abonamiento de un cuatro y medio por ciento (4,5 %) anual, en concepto de intereses de demora, durante el espacio de tiempo de retraso y sobre el importe de la nombrada certificación.

4.3.7 Seguro de las obras

El contratista estará obligado a asegurar la obra contratada durante el tiempo que dure su ejecución hasta la recepción definitiva; la cuantía del seguro coincidirá en cada momento con el valor que tengan por contrata los objetos asegurados. El importe abonado por la sociedad aseguradora, en el caso de siniestro, se ingresará en cuenta a nombre del propietario.

4.4 Condiciones técnicas: Equipos a presión

4.4.1 Disposiciones generales

Dado que muchas de las líneas y equipos contemplados en el presente proyecto trabajan a presión superior a la atmosférica, se fijan las condiciones generales de fabricación, prueba, instalación, operación y funcionamiento de los mismos.

4.4.2 Referencias y normativas:

Se tendrán como referencia y de obligado cumplimiento las siguientes disposiciones y normas:

Reglamento de Aparatos a Presión del Ministerio de Industria y Energía (R/D 1244/1976 del 4 de abril, B.O.E. nº 128 del 29 de mayo) para todos los aparatos a presión en el ámbito de refinerías de petróleos y plantas petroquímicas.

Instrucción técnica complementaria (ITC MIE AP6) sobre refinerías de petróleos y plantas petroquímicas (O. 30-81982, B. O. E. del 10 de septiembre de 1982), (O. 11-71983, B. O. E. del 22 de julio de 1983). Los aparatos incluidos en el campo de aplicación de esta ITC, instalados en refinerías de petróleos cumplirán, además, las especificaciones que se indican en el Real Decreto 3143/1975 del 31 de octubre, referentes al Reglamento de Seguridad de refinerías de petróleos y parques de almacenamiento de productos petrolíferos.

4.4.3 Definiciones generales

Con el fin de que la interpretación del presente pliego de condiciones sea clara e inequívoca, se proporcionan, de acuerdo con el Reglamento de Aparatos a Presión del Ministerio de Industria y Energía, las siguientes definiciones:

4.4.3.1 Aparato sometido a presión

Aparato cuya presión máxima de servicio es superior a la atmosférica. Por lo que se refiere al presente proyecto esta definición se aplica a:

- Compresor.
- Intercambiador de calor.
- Separador líquido-gas.
- Tanque almacenamiento.

4.4.3.2 Tuberías

Líneas de conducción de fluidos a presión o a vacío, no sometidas a fuego directo.

4.4.3.3 Sistemas

Conjunto de aparatos a presión, normalmente conectados en secuencia de proceso y susceptibles de ser probados a presión conjuntamente.

4.4.3.4 Diseño mecánico

Consiste en la definición completa e inequívoca de un aparato a presión en función de los datos básicos de proceso, código de diseño, característica de los materiales utilizados, proceso de fabricación y control de calidad.

4.4.3.5 Ingeniería

Persona jurídica o técnico titulado competente que, mediante el conocimiento y aplicación correcta de los códigos de diseño de aparatos a presión y a partir de los datos básicos necesarios, realiza el diseño mecánico de dichos aparatos. Estas ingenierías deberán estar inscritas en el Registro de Sociedades de Ingeniería o en el colegio oficial correspondiente, y cumplir los requisitos exigidos por la legislación vigente. Las ingenierías extranjeras que no dispongan de delegación en España debidamente legalizada deberán tener autorizado por la Dirección General de Innovación Industrial y Tecnológica el correspondiente contrato de asistencia técnica, suscrito con el fabricante o con alguna ingeniería.

4.4.3.6 Fabricante

Persona jurídica o física que, a partir de un diseño mecánico y mediante el conocimiento y aplicación correcta de los códigos de construcción de aparatos a presión y disponiendo de personal cualificado y medios apropiados, realiza el acopio de materiales, la fabricación y ensamblaje total o parcial de los componentes de los aparatos a presión, debiendo estar inscritos, los ubicados en territorio español, en el Libro de Registro de Fabricantes de la respectiva

Delegación Provincial del Ministerio de Industria y Energía de la provincia donde se fabrica el aparato.

4.4.3.7 Reparador

Persona física o jurídica que, mediante el conocimiento e interpretación de los códigos, normas de construcción y de reparación de aparatos a presión, dispone de personal cualificado y medios apropiados para reparar los aparatos a presión, debiendo estar inscritos, los ubicados en territorio español, en el Libro de Registro de Reparadores de la respectiva Delegación Provincial del Ministerio de Industria y Energía de la provincia donde se encuentren sus talleres de reparación.

4.4.3.8 Instalador

Persona jurídica o física que, mediante el conocimiento e interpretación de las normas de instalación de aparatos a presión y disponiendo de personal cualificado y medios apropiados, instala los aparatos a presión, debiendo estar inscritos, los ubicados en territorio español, en el Libro de Registro de Instaladores de la respectiva Delegación Provincial del Ministerio de Industria y Energía de la provincia donde se encuentre el domicilio social o sus talleres.

4.4.3.9 Usuario

Persona física o jurídica propietaria o explotadora de la refinería de petróleo o planta donde se instalan los aparatos a presión.

4.4.3.10 Inspector propio

Personal técnico competente designado por el usuario o contratado, con experiencia en la inspección de aparatos a presión de refinerías y plantas petroquímicas.

4.4.3.11 Inspecciones y pruebas previas

Toda inspección anterior a la puesta en servicio o durante la misma de un aparato o sistema.

4.4.3.12 Inspecciones y pruebas periódicas

Toda inspección y prueba posterior a la puesta en servicio de un aparato o sistema.

4.4.3.13 Control de calidad

Se entiende como tal el de la ingeniería, fabricante o instalador, cuando una inspección o prueba previa se realiza bajo su competencia y responsabilidad.

4.4.4 Definiciones de ámbito técnico

4.4.4.1 Presión de diseño (Pd)

Se entiende como el valor de la presión que se toma para el cálculo del espesor del aparato a la temperatura de diseño. La presión de diseño no podrá ser menor que la presión máxima de servicio.

4.4.4.2 Presión máxima de servicio (Pms)

Se entiende como la presión más alta que se puede dar en el aparato o sistema, en condiciones extremas de funcionamiento del proceso.

4.4.4.3 Presión de precinto (Pt)

Se entiende como la presión a la que están tarados los elementos de seguridad que protegen al aparato o al sistema.

4.4.4.4 Presión de servicio (Ps)

Se entiende como la presión normal de trabajo del aparato o sistema a la temperatura de servicio.

4.4.4.5 Presión de prueba (P_p)

Se entiende como aquella presión a la que se somete el aparato o sistema para comprobar su resistencia en las condiciones estáticas para las que fue diseñado. Corresponde a la mayor presión efectiva que se ejerce en el punto más alto del aparato o sistema durante la prueba de presión.

4.4.4.6 Temperatura de diseño (T_d)

Es el valor de la temperatura que se toma para el cálculo del espesor mínimo del aparato a la presión de diseño.

4.4.4.7 Temperatura máxima de servicio (T_{ms})

Es el máximo valor de la temperatura que se estima puede producirse en el interior del aparato o sistema, en condiciones extremas de funcionamiento.

4.4.4.8 Temperatura de servicio (T_s)

Es el valor de la temperatura alcanzada en el interior del aparato o sistema en condiciones normales de funcionamiento a la presión de servicio.

4.4.5 Condiciones generales para todos los aparatos a presión

Todas las prescripciones expresadas a continuación se aplicarán a los equipos de nueva instalación relacionados en el sub-apartado “aparato sometido a presión” del presente apartado del pliego de condiciones, y, de entre ellas, las correspondientes a inspecciones y pruebas, al resto de los equipos disponibles.

4.4.5.1 Manual de diseño

De acuerdo con lo estipulado en el Reglamento de Aparatos a Presión del Ministerio de Industria y Energía, se necesitará una copia para el usuario del manual de diseño del aparato considerado, que comprenda:

- a) Identificación de la ingeniería.
- b) Datos básicos de proceso necesarios para el diseño.
- c) Código de diseño o sistema de cálculo, ambos de reconocida solvencia técnica y normas de construcción elegidas, cálculos justificativos, vida mínima estimada del equipo y demás especificaciones técnicas complementarias no contempladas por el código elegido y que la buena práctica requiera.
- d) Planos básicos normalizados según UNE, con indicación de los materiales a emplear y de los elementos que, por formar parte integrante del equipo a presión, puedan afectar a la seguridad del mismo.
- e) Especificación de prueba de presión.

La ingeniería que elabore el manual de diseño certificará que dicho manual cumple con el código de diseño elegido y que el aparato que se fabrique de acuerdo con él será adecuado para el fin al que se destina.

4.4.5.2 Certificados

Los materiales utilizados en la construcción de los elementos resistentes de los aparatos a presión deberán poseer los certificados de calidad correspondientes.

Los materiales de aportación que se utilicen en las soldaduras de los componentes de los aparatos a presión estarán clasificados bajo norma de reconocida solvencia técnica.

4.4.5.3 Proceso de fabricación

Para el proceso de fabricación deberán utilizarse unas normas de construcción, control y pruebas acordes con el código de diseño.

4.4.5.4 Legalización de aparatos a presión

Para cada aparato a presión construido, con excepción de las tuberías, el fabricante deberá elaborar un manual de construcción acorde al manual de diseño, del cual entregará copia al usuario, que comprenderá:

a) Número de inscripción en el Libro de Registro de Fabricantes de la respectiva Delegación Provincial del Ministerio de Industria y Energía de la provincia donde se fabrique el aparato.

b) Nombre, razón social y domicilio de la ingeniería.

c) Planos constructivos complementarios de los básicos que figuren en manual de diseño, comprobados por la ingeniería se fuese requerido contractualmente para ello por el fabricante o el usuario.

d) Certificados de calidad de los materiales de base y materiales de aportación y de los componentes del aparato empleado en su construcción, aprobados por el control de calidad del fabricante, que puede ser propio o contratado a una ingeniería o entidad colaboradora.

e) Procedimientos de conformado, soldadura, tratamientos térmicos y controles, calificación de procedimientos de soldaduras y soldadores, todo ello aprobado por el control de calidad del fabricante, que puede ser propio o contratado a una ingeniería o entidad colaboradora.

f) Plano de situación de las zonas sometidas a control por ensayos no destructivos, ensayos requeridos, extensión de los mismos y resultados. Las placas radiográficas serán conservadas adecuadamente por el fabricante durante cinco años como mínimo, a partir de la fecha de fabricación del aparato.

g) Certificado de ensayos y pruebas realizados durante la construcción, aprobados por el control de calidad del fabricante o una entidad colaboradora, indistintamente, y comprobados por la ingeniería si fuera requerida contractualmente para ello por el usuario.

h) Acta de la prueba a presión realizada por el fabricante y aprobada por el control de calidad del fabricante.

i) Certificado del fabricante del aparato, en el que se hará constar que éste ha sido construido de acuerdo con el manual de diseño, el código y normas utilizadas en su fabricación.

El fabricante, al solicitar de la Delegación Provincial del Ministerio de Industria y Energía la placa de diseño, con su número de registro, presentará los documentos comprendidos en los puntos g), h) e i) anteriores.

El fabricante de un aparato a presión es responsable de que dicho aparato ofrezca las garantías debidas para el fin a que se destina.

4.4.5.5 Instalación

Por cada instalación el instalador deberá elaborar un expediente de instalación acorde con los manuales de diseño y construcción, del cual entregará copia al usuario. Este expediente comprenderá:

a) Número de inscripción en el Libro de Registro de Instaladores de la respectiva Delegación Provincial del Ministerio de Industria y Energía de la provincia donde se encuentre su domicilio social.

b) Nombre, razón social y domicilio tanto del fabricante como del instalador.

c) Relación de aparatos a instalar.

d) Procedimientos de soldadura y calificación de la mano de obra, aprobados por el control de calidad del instalador.

El instalador de todo sistema a presión es responsable de cualquier deficiencia que pudiera observarse o derivarse de las operaciones de instalación.

4.4.5.6 Inspecciones y pruebas

4.4.5.6.1 Inspecciones y pruebas oficiales

Todos los aparatos a presión especificados en el sub-apartado “aparato sometido a presión” deberán ser sometidos a las inspecciones y pruebas previas a la puesta en servicio ya citadas.

4.4.5.6.2 Inspecciones y pruebas en el taller del fabricante

Se comprobará por el control de calidad del fabricante que cada equipo ha sido construido de acuerdo con los manuales de diseño y construcción, y quedará constancia de que se han cumplido cada uno de los requisitos previstos en los citados manuales, en cuyo caso se someterán a las siguientes inspecciones y pruebas:

Examen visual y control dimensional del aparato. Al objeto de poder examinar debidamente el aparato, la placa se hallará desprovista de pintura o de cualquier recubrimiento que pueda disimular los posibles defectos. Prueba de presión con el aparato completamente lleno de fluido de prueba. Si existiesen razones por las que dicha prueba no sea factible de realizar en el taller del fabricante, se realizará en el lugar de emplazamiento.

4.4.5.6.3 Inspecciones y pruebas en el lugar de emplazamiento del equipo

Cada equipo se someterá a las siguientes inspecciones y pruebas en el lugar de emplazamiento:

Examen visual y control dimensional del aparato, si no se ha realizado anteriormente en el taller del fabricante.

Prueba de presión de valor igual a la primera en el caso de que evidentemente el aparato haya sufrido alguna anomalía durante el transporte o la manipulación, que

la inspección detecte algún fallo real o aparente que así lo aconseje, que el ingeniero directo tenga dudas sobre la capacidad de un equipo para resistir las condiciones de servicio previstas, que confluayan circunstancias inesperadas que las hagan recomendables, o siempre que la prueba no se haya efectuado en el taller del fabricante.

En caso de tener que realizarse la prueba de presión en el lugar de emplazamiento, se seguirán las siguientes condiciones:

a) Observación del procedimiento de prueba descrito por el fabricante en el manual de construcción. Este deberá ser lo suficientemente detallado, incluyendo las condiciones de prueba, los equipos necesarios para su ejecución, los aparatos de medidas de control (debidamente contrastados y con la sensibilidad adecuada, procurándose que la lectura se sitúe en el tercio central de la escala del aparato), sistema de llenado y vaciado y tiempo de mantenimiento de la presión de prueba, que en ningún caso será inferior a 30 minutos.

b) Observación de las condiciones de seguridad durante las pruebas de presión, comprobándose que el equipo para pruebas es correcto y que las conexiones son las adecuadas a las presiones máximas que se van a alcanzar, así como la disposición de las medidas de seguridad suficientes para evitar no sobrepasar la presión de prueba, ni en ningún momento estar por debajo de la temperatura señalada en el manual de diseño, ni dañar los elementos internos del aparato. Se comprobará antes de la prueba que las estructuras y fundaciones que sustenten el aparato o sistema a probar estén en condiciones de resistir la carga a que van a ser sometidas. Se cuidará que el personal se mantenga alejado durante el desarrollo de las pruebas de los fondos, tapas y piezas roscadas, y se evitará la presencia de personas ajenas a la prueba. Los manómetros se instalarán fuera de la proyección vertical y se preferirá situarlos lateralmente o en posición superior. Durante el llenado con fluido de prueba se cuidará de ventear bien el circuito para evitar que queden cámaras de aire o vapor.

c) El fluido de prueba será agua a la temperatura ambiente, siempre que dicha temperatura no se inferior a 10°C. El valor de la presión de prueba será el correspondiente a la siguiente expresión:

$$P_p = 1,25 \cdot P_d \cdot \frac{S_p}{S_d}$$

Donde:

Pp - presión de prueba

Pd - presión de diseño

Sp - tensión máxima admisible del material a la temperatura de prueba

Sd - tensión máxima admisible a la temperatura de diseño

En el lugar de emplazamiento se realizará, antes de cualquier otra operación, una inspección visual tanto interior como exterior del aparato.

4.4.5.7 Placas

Todos los aparatos a presión comprendidos en el presente proyecto, con excepción de las tuberías, deberán ir provistos de placas de diseño e identificación, conforme a lo estipulado en el artículo 19 del Reglamento de Aparatos a Presión del Ministerio de Industria y Energía. En dichas placas se grabará:

Placa de diseño: presión de diseño y en su caso la presión máxima de servicio, número de registro del aparato y fecha de la primera prueba y sucesivas.

Placa de identificación: nombre o razón social del fabricante, contraseña y fecha de registro del tipo, número de fabricación y características principales.

Las placas de diseño de identificación se fijarán mediante remaches, soldadura o cualquier otro medio que asegure su inamovilidad, en un sitio visible del aparato y en ningún caso podrán retirarse del mismo.

4.4.5.8 Elementos de seguridad

Todos los aparatos y sistemas comprendidos en el presente proyecto deben ir provistos de los elementos de seguridad que prescriban los códigos de diseños empleados y los adicionales especificados en el manual de diseño.

Todas las válvulas de seguridad deben ser de apertura total y sistema de resorte, debiéndose cumplir la condición de que la apertura total de la válvula deberá ser ayudada por la presión del fluido evacuado, de tal manera que la apertura asegure una sección de paso a través de la válvula igual al 80% de la sección neta de paso en el asiento después de la deducción de la sección transversal de los obstáculos en el orificio, debido a las guías y a la forma del cuerpo de la válvula en la posición de apertura máxima.

La descarga de las válvulas de seguridad deberá realizarse de tal forma que impida eficazmente que el fluido evacuado pueda producir daños a personas o cosas.

Durante las inspecciones interiores periódicas de los aparatos o sistemas a presión la válvula o válvulas de seguridad que protejan dichos aparatos o sistemas se desmontarán y ajustarán para, a continuación, probarlas y precintarlas.

4.4.6 Pruebas para las tuberías

Para todas las tuberías contempladas en este proyecto se realizarán las siguientes pruebas y comprobaciones en el lugar de emplazamiento:

Examen visual, control de espesores e identificación de los materiales.

Primera prueba de presión, en el caso de no haber sido probadas en el taller.

4.4.7 Prueba de los sistemas antes de la puesta en marcha

4.4.7.1 Prueba hidrostática

Se deberá comprobar hidrostáticamente todas las líneas y equipos después de terminar la construcción del circuito, con los equipos Interconectados entre sí. El sistema se llenará con agua y se comprobará al menos a 1,25 veces la presión de diseño.

Las válvulas de control y placas de orificio deberán quitarse de servicio, así como los instrumentos. Las válvulas de seguridad estarán aisladas. Las secciones cuyas presiones de prueba sean diferentes serán separadas mediante juntas ciegas temporales.

Durante la prueba, se comprobará que no existen fugas, especialmente por las bridas atornilladas y por los asientos de las válvulas.

4.4.7.2 Lavado del equipo

Esta operación tiene por objeto eliminar cuerpos extraños que, durante el montaje, hayan podido quedar en las líneas o en los equipos, tales como virutas de metal o de madera. Estos restos pueden provocar durante la operación atascos en las líneas, bloqueos en válvulas o destrozos en partes móviles de las bombas.

El lavado se llevará a cabo mediante circulación de agua, a la que previamente se habrá añadido la cantidad adecuada de inhibidor de corrosión.

Las bombas habrán sido alineadas, comprobadas y rodadas de acuerdo con las instrucciones del fabricante. Se instalarán en ellas filtros de aspiración, que deberán limpiarse tan a menudo como sea necesario. Mientras dure el rodaje de las máquinas se vigilarán estrechamente todos los aspectos relacionados con sobrecalentamientos, vibraciones, posibles fugas y consumo eléctrico de motores. Durante el lavado en los puntos bajos, líneas desconectadas, etc., se debe purgar para eliminar materiales sólidos. Los cambiadores de calor serán incluido en el

circuito al final de la operación, así como las conexiones a los instrumentos, teniendo sus purgas abiertas.

Cuando se observe que los filtros instalados en las bombas han dejado de ensuciarse y el agua que se purga aparece limpia, puede darse por concluida la operación de lavado. Se parará entonces la circulación y se drenará completamente de agua el sistema.

Por último, se instalarán las válvulas automáticamente y las placas de orificio, verificándose posición.

“TITULO: CONDENSACIÓN DE VOC EN PETROLEROS”

PRESUPUESTO

GRADO EN TECNOLOGÍAS MARINAS

ENERGÍA Y PROPULSIÓN

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA Y MÁQUINAS

FECHA: **JUNIO - 2015**

AUTOR: El alumno

Fdo.: César Ramos Hermida

5 PRESUPUESTO	97
5.1 Presupuesto desglosado por capítulos	97
5.1.1 Filtro-secador	97
5.1.3 Condensador	98
5.1.4 Separador líquido-sólido	98
5.1.5 Tanque almacén	99
5.2 Resumen del presupuesto	100

5 PRESUPUESTO

5.1 Presupuesto desglosado por capítulos

5.1.1 Filtro-secador

N.º Orden	Descripción de las unidades de obra	Medición	Precio	Importe
01	Filtro-secador			
01.01 01.02	Filtro-secador	1,00	10.500,00 €	10.500,00 €
01.02 01.01.01	Técnico instalador	45,00	32,00 €	1.440,00 €
01.03 01.01.02	Auxiliar instalador	45,00	22,00 €	990,00 €
Total Capítulo 01				12.930,00 €

5.1.2 Compresor

N.º Orden	Descripción de las unidades de obra	Medición	Precio	Importe
02	Compresor			
02.01 01.03	Compresor	1,00	60.000,00 €	60.000,00 €
02.02 01.01.01	Técnico instalador	60,00	32,00 €	1.920,00 €
02.03 01.01.02	Auxiliar instalador	60,00	22,00 €	1.320,00 €
Total Capítulo 02				63.240,00 €

5.1.3 Condensador

N.º Orden	Descripción de las unidades de obra	Medición	Precio	Importe
03	Condensador			
03.01 01.01.01	Técnico instalador	50,00	32,00 €	1.600,00 €
03.02 01.01.02	Auxiliar instalador	50,00	22,00 €	1.100,00 €
03.03 01.01.02	Auxiliar instalador 1	50,00	22,00 €	1.100,00 €
03.04 01.01	Condensador: Intercambiador de calor	1,00	15.000,00 €	15.000,00 €
Total Capítulo 03				18.800,00 €

5.1.4 Separador líquido-sólido

N.º Orden	Descripción de las unidades de obra	Medición	Precio	Importe
04	Separador líquido-sólido			
04.01 01.04	Separador líquido-gas	1,00	3.000,00 €	3.000,00 €
04.02 01.01.01	Técnico instalador	15,00	32,00 €	480,00 €
Total Capítulo 04				3.480,00 €

5.1.5 Tanque almacén

N.º Orden	Descripción de las unidades de obra	Medición	Precio	Importe
05	Tanque almacén			
05.01 01.05	Tanque almacén	1,00	35.000,00 €	35.000,00 €
05.02 01.01.01	Técnico instalador	80,00	32,00 €	2.560,00 €
05.03 01.01.02	Auxiliar instalador	80,00	22,00 €	1.760,00 €
05.04 01.01.03	Operador grúa	6,00	50,00 €	300,00 €
05.05 000001	Alquiler grúa	1,00	3.000,00 €	3.000,00 €
	Total Capítulo 05			42.620,00 €
	Total Presupuesto			141.070,00 €

5.2 Resumen del presupuesto

Nº Orden	Código	Descripción de los capítulos	Importe (€)
01	01	Filtro-secador	12.930,00
02	02	Compresor	63.240,00
03	03	Condensador	18.800,00
04	04	Separador líquido-sólido	3.480,00
05	05	Tanque almacén	42.620,00
TOTAL EJECUCIÓN MATERIAL			141.070,00€
15 % Gastos Generales			21.160,50€
6 % Beneficio Industrial.....			8.464,20€
TOTAL EJECUCIÓN POR CONTRATA			170.694,70€
21 % I.V.A.....			35.845,89€
TOTAL PRESUPUESTO C/IVA.....			206.540,59€

Asciende el presupuesto proyectado, a la expresada cantidad de:

DOSCIENTOS SEIS MIL QUINIENTOS CUARENTA EUROS CON CINCUENTA Y NUEVE CÉNTIMOS