

# **GENERACIÓN DE VAPOR EN UN FERRY.**

**Trabajo Fin de Grado**  
Grado en Tecnologías Marinas  
Marzo de 2021

Autor:  
**Javier González Medina.**  
22/03/2021

Tutora:  
Prof. Dr. María del Cristo Adrián de Ganzo

**Escuela Politécnica Superior de Ingeniería**  
**Sección Náutica, Máquinas y Radioelectrónica Naval**

Universidad de La Laguna

D/D<sup>a</sup>. María del Cristo Adrián de Ganzo, Profesora ayudante doctor de la UD de Ingeniería Marítima, perteneciente al Departamento de Ciencias de la Navegación, Ingeniería Marítima, Agraria e Hidráulica de la Universidad de La Laguna:

Expone que:

D. **Javier González Medina** con **DNI 45775357-K** ha realizado bajo mi dirección el trabajo fin de grado titulado: **Generación de Vapor en un Ferry**.

Revisado dicho trabajo, estimo reúne los requisitos para ser juzgado por el tribunal que sea designado para su lectura.

Para que conste y surta los efectos oportunos, expido y firmo el presente documento.

En Santa Cruz de Tenerife a 22 de marzo de 2021.

Fdo.: María del Cristo Adrián de Ganzo.

Directora del trabajo.

## Agradecimientos.

La realización de este trabajo de fin de grado, ha sido posible gracias a la ayuda de varias personas.

En primer lugar, quisiera agradecer, a mi tutora de TFG, María del Cristo Adrián de Ganzo, por guiarme y orientarme, y sobre todo a su cercanía a la hora de pedirle ayuda con varias dudas, gracias. Quiero agradecer también a todo el profesorado de la Escuela Náutica por enseñarme durante todo mi recorrido los conocimientos necesarios para poder abordar dicho trabajo. Agradecer también a toda mi familia, los cuales han estado hay en todo momento para apoyarme.

Y por último dar las gracias a toda la tripulación del Juan J. Sister, donde en mi período de alumno de máquinas me enseñaron mucho, tanto profesionalmente como personalmente.

Generación de Vapor.

Índice.

<u>I INTRODUCCIÓN .....</u>	<u>3</u>
1.1 Abstract.....	4
<u>II OBJETIVOS. ....</u>	<u>7</u>
<u>III ANTECEDENTES. ....</u>	<u>10</u>
3.1 Antecedentes Históricos de la Generación de Vapor. ....	10
3.2 Aplicaciones de Vapor en los ferry. ....	12
<u>IV METODOLOGÍA.....</u>	<u>15</u>
4.1 Materiales. ....	15
4.1.1 Descripción del Buque.....	15
4.1.2 Descripción de Sala de Máquinas. Cubierta número 1. ....	19
4.1.3 Descripción de la Sala de Máquinas. Cubierta número 2. ....	20
4.2 Metodología de Trabajo de Campo.....	21
4.3 Marco Referencial. ....	21
<u>V RESULTADOS. ....</u>	<u>24</u>
5.1 Características de la caldera y distintos equipos de vapor. ....	24
5.1.1 Calderas. ....	24
5.1.1.1 Descripción.....	24
5.1.1.2 Funcionamiento. ....	26
5.1.2 Economizadores.....	29
5.1.2.1 Descripción.....	29
5.1.2.2 Funcionamiento. ....	29
5.1.3 Evaporador.....	31
5.1.3.1 Descripción.....	31
5.1.3.2 Fuente Calorífica. ....	32

## Generación de Vapor.

5.1.3.3	Principio de Funcionamiento.....	32
5.2	Generación de Vapor. ....	34
5.2.1	Generación de vapor en Puerto .....	35
5.2.1.1	Funcionamiento. ....	36
5.2.2	Generación de Vapor. En navegación.....	41
5.2.2.1	Funcionamiento. ....	42
5.3	Tratamiento del Agua Técnica. ....	43
5.3.1	Tratamiento de Agua de calderas.....	43
5.3.2	Tratamiento del Agua de Motores. ....	45
5.4	Averías relacionadas con el Vapor. ....	47
5.4.1	Bomba de Economizadores en mal Estado.....	47
5.4.2	Célula de combustible sucia. ....	48
5.4.3	Alto nivel de agua en la caldera.....	49
<u>VI CONCLUSIÓN. ....</u>		<u>52</u>
<u>VII BIBLIOGRAFÍA. ....</u>		<u>55</u>

Índice ilustraciones

Ilustración 1. Máquina de Vapor. Eolípila. Fuente: (Herón, s.f.).....	10
Ilustración 2. Máquina de Vapor. James Watt. Fuente: (Watt, s.f.) .....	11
Ilustración 3. Buque Juan J Sister. Fuente: (Sister., s.f.).....	15
Ilustración 4. Cubierta 2. Sala de Máquinas. Fuente: (Turku, 1993) .....	19
Ilustración 5. Cubierta 1. Sala de máquinas. Fuente: (Turku, 1993).....	20
Ilustración 6. Caldera. Fuente: Manual de Caldera. (Cisserv, 1992).....	25
Ilustración 7. Vista superior Caldera. Fuente: Trabajo de Campo. ....	27
Ilustración 8. Partes de la Caldera. Fuente: (Vulcano).....	28
Ilustración 9. Cuadro eléctrico. Fuente: Trabajo de Campo.....	28
Ilustración 10. Economizadores. Fuente: Trabajo de Campo.....	30
Ilustración 11. Economizadores. Visto desde dentro. Fuente trabajo de Campo. ....	30
Ilustración 12. Interior de un evaporador. Fuente: (Interior-evaporador., s.f.) .....	31
Ilustración 13. Funcionamiento. Evaporador. Fuente: (Aquamar).....	33
Ilustración 14. Evaporador. Fuente: Trabajo de campo.....	33
Ilustración 15. Plano de Vapor. Fuente: (Turku, 1993).....	34
Ilustración 16. Generación de Vapor en Puerto. Fuente: Elaboración propia. ....	35
Ilustración 17. Bomba de agua técnica. Fuente: Trabajo de campo. ....	37
Ilustración 18. Hidróforo. Fuente: Trabajo de campo. ....	37
Ilustración 19. Visores- Cisterna. Fuente: Trabajo de campo. ....	38
Ilustración 20. Cuadro eléctrico. Bombas calderas. Fuente: Trabajo de campo. ....	39
Ilustración 21. Bombas de alimentación de calderas. Fuente: Trabajo de campo.....	39
Ilustración 22. Sala de depuradoras. Fuente: Trabajo de campo. ....	40
Ilustración 23. Válvulas. Vapor. Fuente: Trabajo de campo. ....	40
Ilustración 24. Generación de Vapor en Puerto. Fuente: Elaboración propia. ....	41
Ilustración 25. Bomba de Economizadores. Fuente: Trabajo de Campo .....	42
Ilustración 26. Vista superior. Motores Principales. Fuente: Trabajo de campo.....	42
Ilustración 27. Bomba de Economizador. Fuente: Trabajo de Campo.....	47
Ilustración 28. Quemador. Fuente: Trabajo de campo. ....	48
Ilustración 29. Nivel de la caldera. Fuente: (Caldera, s.f.).....	49

Generación de Vapor.

Índice de Tabla.

Tabla 1. Características del Buque. Fuente: (Turku, 1993).....	15
Tabla 2.Descripción Cubierta. Fuente: (Turku, 1993).....	20
Tabla 3. Descripción Cubierta 1. Fuente: (Turku, 1993).....	21
Tabla 4. Descripción-Plano de vapor. Fuente: (Turku, 1993). ....	34
Tabla 5. Descripción-Generación de Vapor en puerto: Fuente propia. ....	36
Tabla 6. Descripción-Generación de Vapor en puerto. Fuente: Elaboración propia.....	42

# I Introducción.

*Introducción.*

## **I Introducción**

El siguiente proyecto, pretende realizar un estudio sobre la generación de vapor en un ferry, enconcreto en el Juan J. Sister, de la compañía Trasmediterránea.

En él se explicará mediante el trabajo de campo y de investigación, el funcionamiento y los distintos equipos que hacen posible dicha generación. Para ello se ha dividido el trabajo en diferentes capítulos.

El en el primer capítulo se abordará los antecedentes históricos del vapor, hablando de las primeras máquinas de vapor. En el segundo hablaremos de los objetivos que se quiere lograr con este documento. En el siguiente se hablará de los medios utilizados para la obtención de la información, trabajo de campo y lectura de manuales y diferentes libros. Todo ello se explicará de una manera amena en la parte final, intentando que el lector entienda lo máximo posible, la generación de vapor en un ferry.

## **1.1 Abstract**

The following project aims to carry out a study on the generation of steam in a ferry, specifically in the Juan J. Sister, of the Trasmediterránea company.

In it, the operation and the different equipment that make this generation possible will be explained through field work and research. For this, the work has been divided into different chapters.

The first chapter will address the historical background of steam, talking about the first steam engines. In the second, we will talk about the objectives to be achieved with this document. The next one will talk about the means used to obtain information, field work and reading manuals and different books. All this will be explained in a pleasant way in the final part, trying to make the reader understand as much as possible, the generation of steam on a ferry.

*Objetivos.*

## II Objetivos.

*Generación de Vapor.*

*Objetivos.*

## **II Objetivos.**

Los objetivos en la realización de este trabajo los podemos dividir en:

1. **Objetivos generales:** Estudio del sistema de producción de vapor en un ferry.
2. **Objetivos específicos:** Los dividiremos en los siguientes apartados:
  - Descripción de los Equipos que intervienen en la generación
  - Análisis y Tratamiento del agua Técnica.
  - Averías relacionadas con el sistema de Vapor.

### III Revisión y Antecedentes.

*Generación de Vapor.*

### **III Antecedentes.**

#### **3.1 Antecedentes Históricos de la Generación de Vapor.**

Hoy en día el vapor en los barcos como en la industria es un elemento fundamental, ya que gracias a él hemos podido llegar al nivel de desarrollo que nos encontramos. Su utilización es muy diversa y se utiliza en muchos procesos.

Para hablar del origen del vapor tenemos que remontarnos al siglo I d.C, en Alejandría. Allí un ingeniero y matemático llamado Herón, inventó la primera máquina de vapor, llamada Eolípila. Esta máquina funciona de una forma muy sencilla.

Como podemos observar en la imagen, en la parte inferior hay agua, la cual se calienta, el vapor que se origina pasa a través de unos tubos hasta introduciéndose en la esfera, la cual empieza a moverse. (Kohan, 2000)



*Ilustración 1. Máquina de Vapor. Eolípila.*

*Fuente: (Herón, s.f.)*

## *Generación de Vapor.*

Más adelante en el S.XVIII un ingeniero escocés llamado James Watt, inventó una máquina de vapor la cual se utilizaría durante muchos años en diferentes ámbitos de la industria. Básicamente una máquina de vapor transforma la energía térmica en energía mecánica, de la siguiente manera.

- Se echa vapor en una caldera, el cual arde y calienta el agua.
- Esta agua empieza a calentarse y a convertirse en vapor
- Dicho vapor sube por unos tubos, moviendo un pistón hacia arriba y hacia abajo.
- El movimiento del pistón mueve un mecanismo que a su vez mueve una rueda, produciendo así movimiento. Esta máquina supuso un gran avance, dando inicio a la Primera revolución industrial. (Kohan, 2000)



*Ilustración 2. Máquina de Vapor. James Watt.*

*Fuente: (Watt, s.f.)*

### **3.2 Aplicaciones de Vapor en los ferry.**

Las aplicaciones del vapor en un ferry son muchas y de vital importancia para el correcto funcionamiento de esté. Algunas de ellas son:

- **Calefacción de los tanques:** Es muy importante que los tanques tengan la temperatura adecuada, por ejemplo, los de combustible tienen que tener una temperatura, que permita trasegar, que las bombas de combustible de los motores puedan aspirar de una forma correcta y así evitar averías en los equipos.
- **Calefacción de motores:** Los motores deben de tener una temperatura correcta, para su buen funcionamiento, dicha temperatura es controlada por una termostática, que, dependiendo de la demanda, permite más o menos entrada de este.
- **Calefacción de Aceite:** El aceite ha de introducirse en los motores a una temperatura establecida, para ello se le aplica vapor cuando está en el proceso de purificación en las depuradoras.
- **Calefacción:** El agua sanitaria es de vital importancia en un barco de pasaje, ya que debe de estar a una temperatura que impida la aparición de determinadas bacterias. Para ello existe un calentador en el tanque de agua sanitaria, el cual funciona con vapor.
- **Vapor de Acompañamiento:** El combustible desde que sale de los tanques, debe de estar a una temperatura que permita tener la viscosidad adecuada para ser transportado con facilidad al motor y ser quemado por esté.
- **Depuradoras:** Tanto las depuradoras de fuel como las de aceite deben de tener vapor para su correcto funcionamiento.
- **Descarga de Marpol:** Cuando se realiza descarga de Marpol, ha de calentarse previamente los tanques de lodos y sentina, para que su descarga a tierra, sea mucho más fácil y rápida.

## IV Metodología.

*Metodología.*

## **IV Metodología.**

La metodología en este trabajo la he dividido en los siguientes apartados.

### **4.1 Materiales.**

En cuanto a los materiales utilizados en este Trabajo de Fin de Grado, principalmente me he ayudado de los manuales y planos que se encuentra a bordo del buque Juan J Sister, y de diferentes consultas realizadas al personal de la sala de máquina del buque.

#### **4.1.1 Descripción del Buque.**



*Ilustración 3. Buque Juan J Sister. Fuente: (Sister., s.f.).*

Este buque es un “RORO” (Rol On/ Rol Off.), con las siguientes características:

*Tabla 1. Características del Buque. Fuente: (Turku, 1993)*

<b>NOMBRE</b>	<b>JUAN J. SISTER</b>
<b>MATRICULA</b>	<b>LAS PALMAS DE GRAN CANARIAS</b>
<b>DISTINTIVO</b>	<b>EAJB</b>
<b>CONSTRUIDO</b>	<b>TURKU(FILANDIA)</b>

Metodología.

<b>AÑO DE CONSTRUCCION</b>	<b>1993</b>
<b>SOCIEDAD CLASIFICADORA</b>	<b>BUREAU VERITAS</b>
<b>DESPLAZAMIENTO EN ROSCA</b>	<b>8134,9 t</b>
<b>DESPLAZAMIENTO MAXIMO</b>	<b>13.700 t</b>
<b>PESO MUERTO</b>	<b>5000 t</b>
<b>ESLORA MAXIMA</b>	<b>151,5 m</b>
<b>ESLORA DE RESGRISTO</b>	<b>136,378 m</b>
<b>ESLORA ENTRE PERPENDICULARES</b>	<b>133,31 m</b>
<b>ESLORA DE FRANCOBORDO</b>	<b>136,378 m</b>
<b>MANGA FUERA DE FORROS</b>	<b>26 m</b>

<b>PUNTAL DE CONSTRUCCION</b>	<b>8,60 m</b>
<b>CALADO MAXIMA CARGA</b>	<b>6,010 m</b>
<b>CALADO EN ROSCA</b>	<b>4,00 m</b>
<b>TONELAJE EN BRUTO SIN SUMERGIR LA MARCA DE ARQUEO</b>	<b>22.409 t</b>
<b>MARCA Y TIPO DE MOTORES</b>	<b>WÄRTSILÄ 8R32</b>
<b>NUMERO DE MOTORES Y POTENCIA DE CADA UNO</b>	<b>4 x 3150 kW</b>
<b>POTENCIA TOTAL</b>	<b>12600 kW</b>
<b>VELOCIDAD EN PRUEBAS</b>	<b>20,5 nudos</b>
<b>VELOCIDAD ACTUAL EN SERVICIO</b>	<b>18 nudos</b>
<b>MARCA MOTORES AUXILIARES</b>	<b>WÄRTSILÄ 6R22/26</b>
<b>POTENCIA DE CADA UNO</b>	<b>4 x 1065 kW</b>
<b>POTENCIA TOTAL</b>	<b>4260 kW</b>
<b>Nº DE HELICES PROPULSORAS</b>	<b>2</b>
<b>DIAMETRO</b>	<b>4500 mm</b>
<b>Nº DE HELICES TRANSVERSALES</b>	<b>2</b>
<b>DIAMETRO</b>	<b>1.550 mm</b>
<b>REV/MIN</b>	<b>327</b>

<b>MOTOR ELECTRICO</b>	<b>1.470 r/min /550 kW</b>
<b>MARCA DE TODAS LAS HELICES</b>	<b>LIPS BV</b>

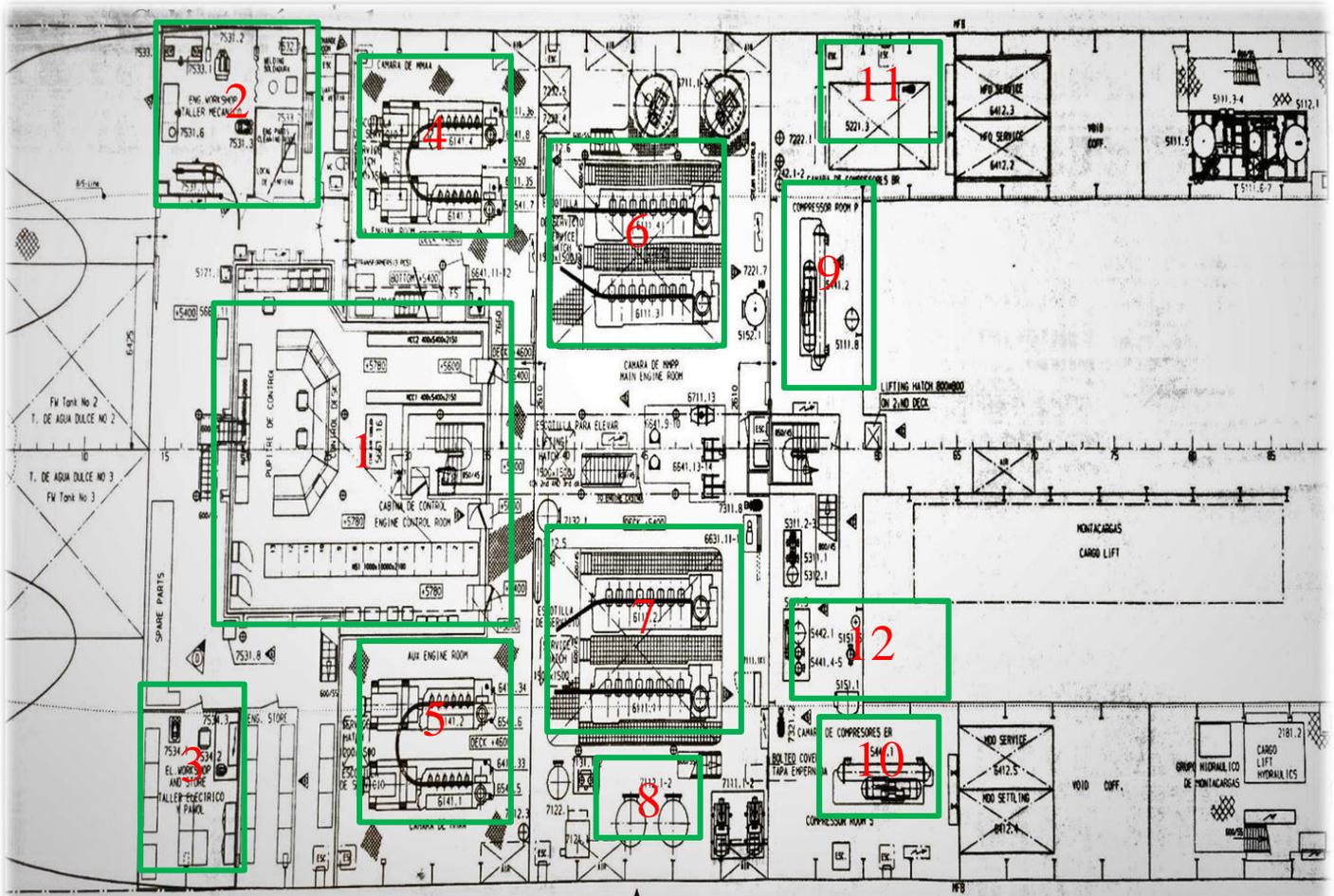
Las cubiertas del buque son las siguientes:

- ✚ **Cubierta 1:** En esta cubierta tenemos: la cámara donde se encuentra los motores principales, el local de bombas, el local de separadoras, y a mitad de eslora el local de estabilizadores. También está cubierta se encuentra la bodega, conocida como” bodeguin.”
  
- ✚ **Cubierta 2:** En esta cubierta tenemos: el control de máquinas, cámara de bombas auxiliares, cámara de compresores, el evaporador, central de aire acondicionado y el servomotor. A proa de está cubierta se encuentra el local de las hélices de proa.
  
- ✚ **Cubierta 3:** Esta cubierta, es de carga, se carga tanto camiones como distintos vehículos industriales. Tiene también dos oficinas de carga situada una a proa y la otra a popa.
  
- ✚ **Cubierta 4.** En esta cubierta solo existe en los tres troncos de escalera que tiene el buque.
  
- ✚ **Cubierta 5:** Es una cubierta de carga. En ella tenemos las maniobras de proa y popa, el container de la basura conectado con la cocina y el sistema Anti-heeling (Anti-escora).
  
- ✚ **Cubierta 6:** En esta cubierta, es donde se deja los vehículos de los pasajeros. Además, se encuentra el vestíbulo de información y el portalón de pasaje, camarotes de pasaje y la cárcel.

## *Metodología.*

- ✚ **Cubierta 7.** En esta cubierta se realiza el embarque a los botes. Tenemos camarotes de pasaje a popa y a proa. También se encuentra el hospital, la gambuza, la cocina y el autoservicio.
  
- ✚ **Cubierta 8:** En esta cubierta nos encontramos el motor de emergencia, las duchas y servicios, el taller y el pañol de cubierta, las perreras, el local del aire acondicionado y arriba de todo ello, la chimenea.
  
- ✚ **Cubierta 9.** En esta cubierta se encuentra las cámaras de tripulación y de oficiales, camarotes de oficiales y en la proa, el puente de gobierno y la cabina donde va los equipos de radio.

**4.1.2 Descripción de Sala de Máquinas. Cubierta número 1.**



*Ilustración 4. Cubierta 2. Sala de Máquinas. Fuente: (Turku, 1993)*

<b><u>1</u></b>	<b><u>Sala de Control.</u></b>
<b><u>2</u></b>	<b><u>Taller Mecánico.</u></b>
<b><u>3</u></b>	<b><u>Taller de Electricidad.</u></b>
<b><u>4</u></b>	<b><u>Motores Auxiliares 3 v 4.</u></b>
<b><u>5</u></b>	<b><u>Motores Auxiliares 1 y 2.</u></b>
<b><u>6</u></b>	<b><u>Motores principales 3 v 4.</u></b>
<b><u>7</u></b>	<b><u>Motores principales 1 y 2.</u></b>
<b><u>8</u></b>	<b><u>Botellas de Arranque.</u></b>
<b><u>9</u></b>	<b><u>Aire Acondicionado 1</u></b>

<u>10</u>	<u>Aire Acondicionado 2</u>
<u>11</u>	<u>Planta Séptica</u>
<u>12</u>	<u>Evaporador.</u>

Tabla 2. Descripción Cubierta. Fuente: (Turku, 1993)

4.1.3 Descripción de la Sala de Máquinas. Cubierta número 2.

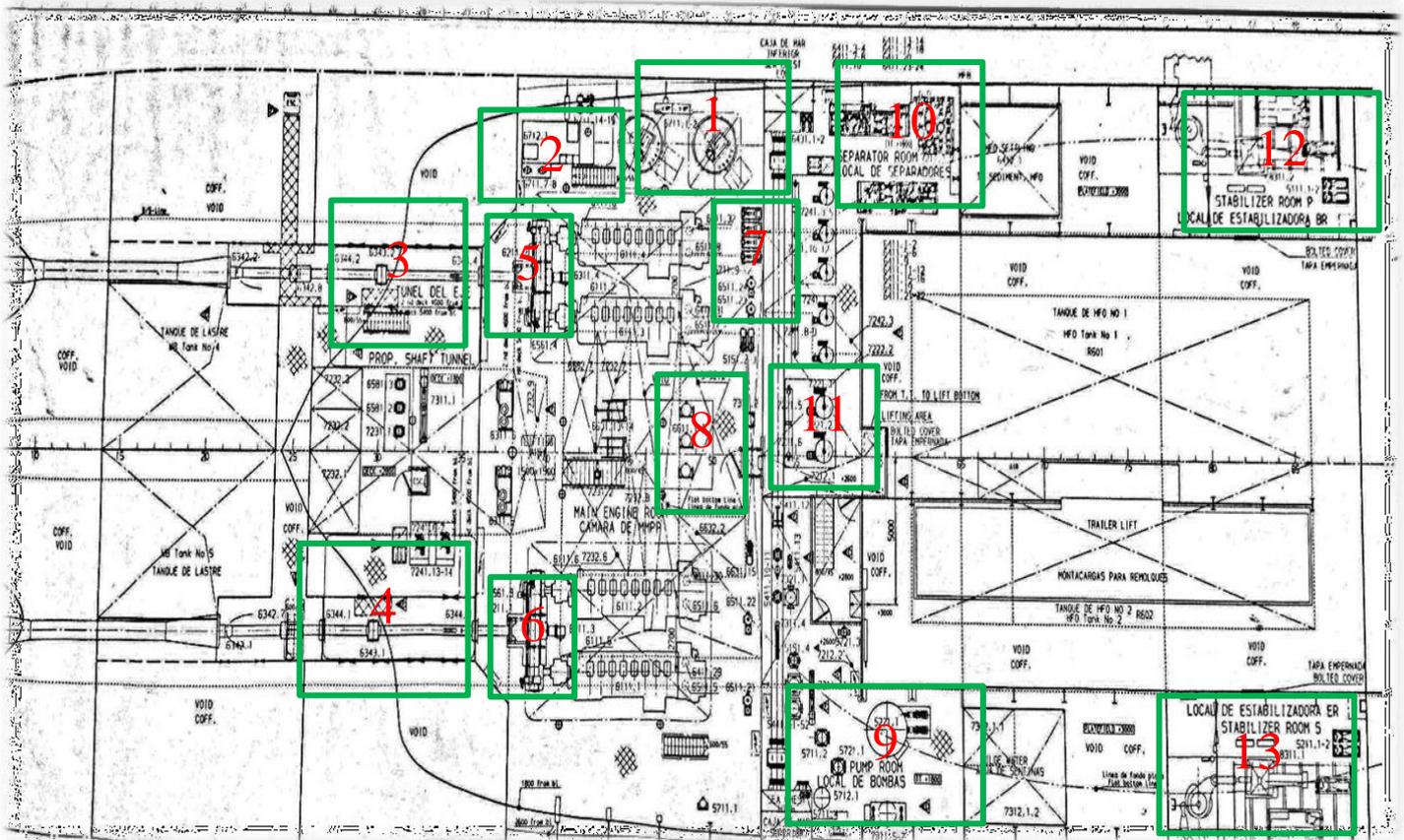


Ilustración 5. Cubierta 1. Sala de máquinas. Fuente: (Turku, 1993)

<u>1</u>	<u>Calderas de Popa y Proa.</u>
<u>2</u>	<u>Cisterna.</u>
<u>3</u>	<u>Túnel del Eje Babor.</u>
<u>4</u>	<u>Túnel del eje Estribor.</u>
<u>5</u>	<u>Reductora de Babor.</u>
<u>6</u>	<u>Reductora de Estribor.</u>
<u>7</u>	<u>Bomba de Economizadores.</u>

Metodología.

<u>8</u>	<u>Bombas de Agua Salada.</u>
<u>9</u>	<u>Sala de Bombas.</u>
<u>10</u>	<u>Módulos.</u>
<u>11</u>	<u>Sala de Depuradoras.</u>
<u>12</u>	<u>Estabilizador de Babor.</u>
<u>13</u>	<u>Estabilizador de Estribor.</u>

*Tabla 3. Descripción Cubierta 1. Fuente: (Turku, 1993)*

#### **4.2 Metodología de Trabajo de Campo.**

La elaboración de este trabajo, viene del aprendizaje que he tenido en el período de embarque como alumno de máquinas, el cual me ha permitido conocer y entender todos los sistemas esenciales a bordo y la generación del vapor en los ferry, en concreto en el Juan J Sister. A este trabajo le he añadido fotografías para que sea más fácil el entendimiento para el lector.

#### **4.3 Marco Referencial.**

El marco referencial de este trabajo es el Juan J Sister, perteneciente a la Compañía Trasmediterránea, en el cual he realizado mi periodo como alumno de máquinas.

*Generación de Vapor.*

## V Resultados.

*Resultados.*

## **V Resultados.**

### **5.1 Características de la caldera y distintos equipos de vapor.**

En este apartado, hablaremos sobre la función y las características de los distintos equipos que interviene en la generación de vapor en un ferry.

#### **5.1.1 Calderas.**

El funcionamiento y las partes de una caldera son las siguiente:

##### **5.1.1.1 Descripción.**

El buque consta de dos calderas acuotubulares verticales de la marca AALBORG. Las cuales tiene las siguientes características:

- Caldera vertical acuotubular: Tipo AQ12.
- Producción de trabajo: 2000kg/h.
- Presión de timbre: 10 bar.
- Presión de Prueba: 15 bar.
- Temperatura del agua de alimentación: 60°C.
- Volumen normal de agua: 5m<sup>3</sup>
- Peso de la caldera: 7.0 toneladas.
- Clasificación: Bureau Veritas.

Las calderas del buque son de diseño vertical. Cada caldera está comprendida por dos secciones. Las cuales son las siguientes. (Cisserv, 1992)



## *Generación de Vapor.*

- **Sección -Gases de Escape.**

Esta sección comprende desde la parte inferior de la envolvente principal, hasta la parte superior de la caldera. Existe una puerta de entrada de hombre, la cual se desmontará si fuese necesario, realizar alguna inspección o reparar alguna avería. Por la parte superior dispone de otra entrada para acceder por arriba, al igual que en la parte inferior, esta es sobre todo para limpiar residuos que hayan quedado de una mala combustión. La caldera está construida siguiendo y cumpliendo los requisitos y exigencias de la Sociedad de Clasificación pertinente. (*Vulcano*)

### **5.1.1.2 Funcionamiento.**

El agua necesaria para el funcionamiento de la caldera, se realiza gracias a dos bombas que están situadas en el exterior. El agua entra en la caldera mediante una válvula automática, que según la demanda abre o cierra. En caso de que fallase esta válvula, existe otra manual. El quemador, este está situado en la parte inferior. Este se encarga de pulverizar el combustible necesario para producir la combustión y generar vapor.

La caldera puede funcionar de dos formas.

- La primera es por la combustión del combustible. El cual genera calor en el hogar, transmitiéndose este por unos tubos, los cuales al estar en contacto con el agua de la caldera producen el vapor.
- Y la segunda por los gases de escape, los cuales entran por la parte inferior y son guiados por un haz de tubo hasta la parte superior, en este recorrido cede calor al agua, generando de esta forma vapor,

Las calderas son un elemento crítico del buque, ya sea por su importancia o por su peligrosidad. Para evitar estos peligros, dispone de unos sistemas de seguridad, los cuales se activan por diferentes causas, algunas son:

- Por bajo nivel de agua de la caldera,
- Por alto nivel de agua.

### *Generación de Vapor.*

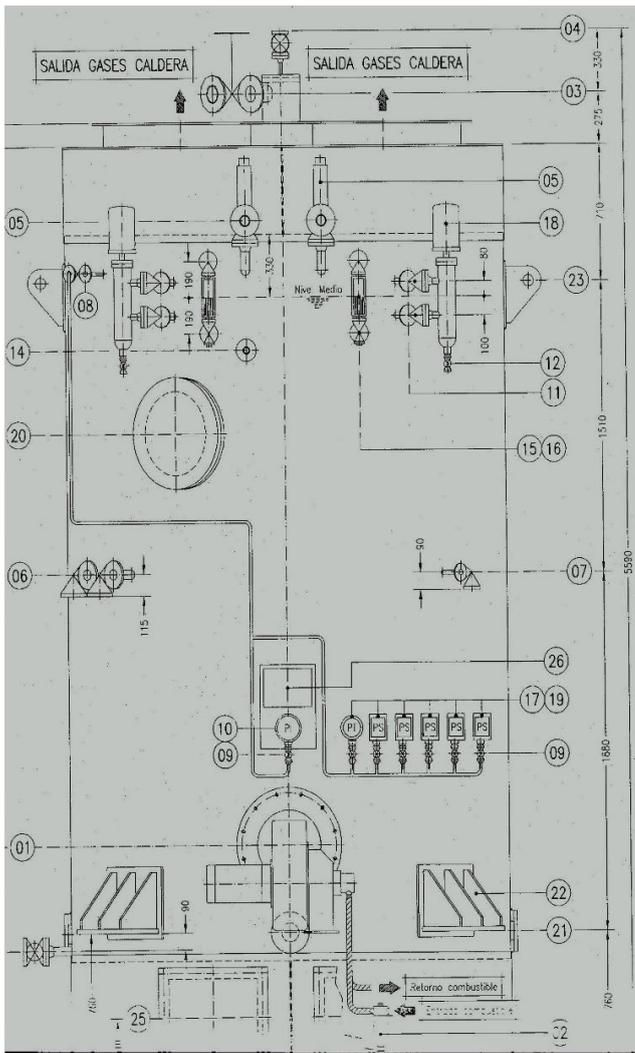
- Por suciedad del quemador.
- Por aumento de la presión.

El elemento que se encarga de parar el quemador, es el un presostato, el cuales está tarado a unos determinados valores. (*Vulcano*)



*Ilustración 7. Vista superior Caldera. Fuente: Trabajo de Campo.*

## Generación de Vapor.



					30
					29
					28
					27
					26
5	Puerta de inspección	25	400 x 500 mm.	6656/28	V.SADECA
2	Tubuladura para limpieza	24	DN50, PN40	6656/21	id.
4	Cáncamo de suspensión	23		6656/13	id.
4	Apoyos caldera	22		6656/13	id.
4	Entraca de mano	21	DN100, PN16	6656/13	id.
1	Entrada de hombre	20	DN400, PN16	6656/13	V.SADECA
2	Control de nivel	19			
1	Transmisor de presión	18	DN20, PN40	EX 16/2	MOBREY
5	Presostato de control de presión	17	1-10 Bar	RT-116	DANFOSS
2	Indicador de nivel	16	Tamaño VI	MPR	KLINGER
2	Juego de grifos indicador de nivel	15	DN20, PN40	D-8	KLINGER
1	Válvula de purga de superficie	14	DN25, PN40	Cierre/Apertura	
1	Válvula de purga caldera (Esfera)	13	DN40, PN40	Paso total	
2	Válvula de purga control de nivel	12	Gas 1/2"	Paso total	
4	Válvula conexión control de nivel	11	DN20, PN40	Cierre/Apertura	
1	Manómetro caldera	10	∅150 mm./0-16 Bar		
5	Grifo conexión manómetro y presostatos	09	Gas 1/2"	Macho-Hembra	
1	Válvula para manómetro y presostatos	08	DN15, PN40	Cierre/Apertura	
1	Válvula de toma de muestras	07	DN15, PN40	Cierre/Apertura	
2	Válvula de entrada agua alimentación	06	DN40, PN40	Cierre/Retenc.	
2	Válvula de seguridad	05	DN32/50, PN40/16	441 AF	LESER
1	Válvula de aireación	04	DN15, PN40	Cierre/Apertura	
1	Válvula de salida vapor principal	03	DN100, PN40	Cierre/Apertura	
1	Filtro de combustible	02			MJ-WAY
1	Quemador de FUEL-OIL	01		NOG 50-28	MJ-WAY
CANT.	DENOMINACION	MARCA	DIMENSIONES	FIGURA	FABRICANTE

**Ilustración 8. Partes de la Caldera. Fuente: (Vulcano)**



**Ilustración 9. Cuadro eléctrico. Fuente: Trabajo de Campo.**

### **5.1.2 Economizadores.**

La descripción y funcionamiento de los economizadores es la siguiente.

#### **5.1.2.1 Descripción.**

Cuatro calderetas, comúnmente llamados economizadores, uno por cada motor está instalados en la cubierta 6. Son verticales y también son de la casa AALBORG. Estos tienen las siguientes características:

- Caldera Funitubular: Tipo AQ7.
- Producción de Trabajo: 790kg/h.
- Presión de Timbre: 11 bar.
- Presión de Prueba: 16.5 bar.
- Temperatura del agua de alimentación: -
- Volumen normal de agua: 2.4m<sup>3</sup>
- Peso de la caldera: 4.4 Toneladas.
- Clasificación: Bureau Veritas.

Los economizadores están diseñados para el calentamiento con gases de escape y funciona en combinación con una caldera la cual esta alimentada por Diesel. Estos en su interior contiene un cuerpo cilíndrico con un haz de tubos por los que pasa los gases de escape. (Cisserv, 1992)

#### **5.1.2.2 Funcionamiento.**

La instalación funciona de la siguiente forma:

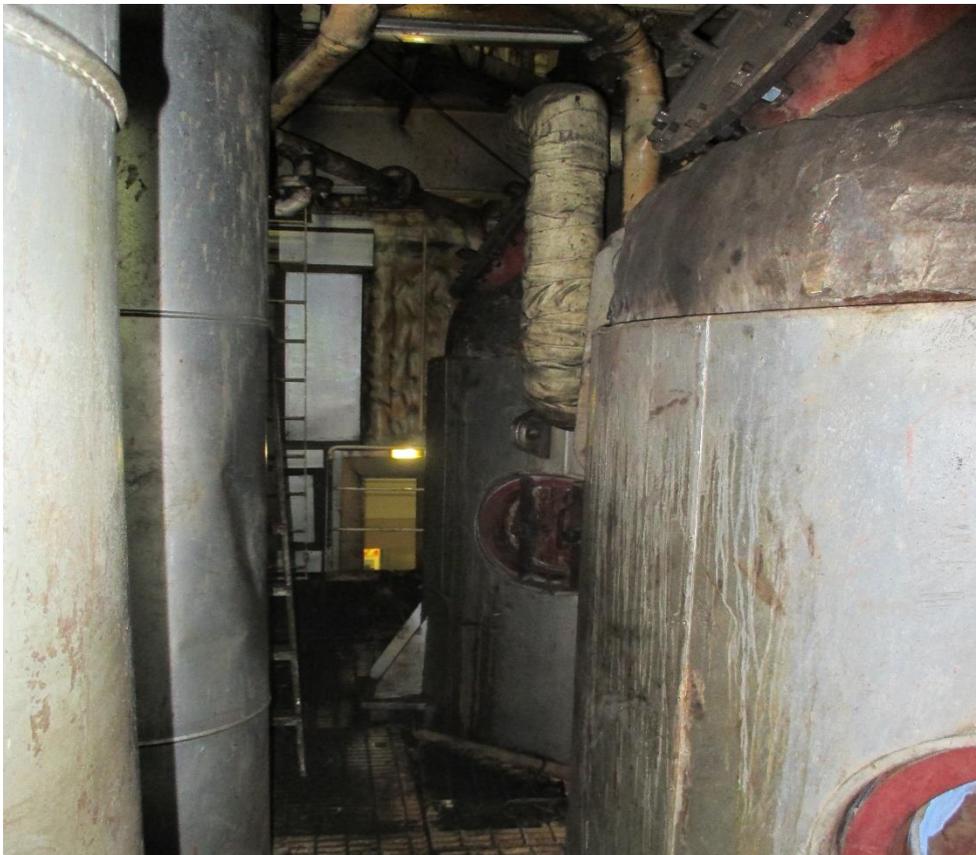
En primer lugar, las bombas de circulación aspiran el agua de la caldera que va seguidamente al economizador. A continuación, los gases de escape que pasa por los tubos de los economizadores calientan el contenido de agua, dándose lugar una evaporación parcial. Esta mezcla de agua y vapor deja los economizadores a través de la válvula de salida y pasa a la caldera donde se separa el vapor del agua.

Y finalmente el vapor pasa a través de la válvula de retención principal por el tubo de vapor principal a los distintos lugares de consumo. (Vulcano)

*Resultados.*



*Ilustración 10. Economizadores. Fuente: Trabajo de Campo.*



*Ilustración 11. Economizadores. Visto desde dentro. Fuente trabajo de Campo.*

### **5.1.3 Evaporador.**

El funcionamiento y las partes de un evaporador son las siguientes:

#### **5.1.3.1 Descripción.**

El agua técnica que utilizan las calderas, es producida por un evaporador. El cual tiene los siguientes componentes:

1. **Sección separadora:** Lugar donde se separa el vapor.
2. **Sección evaporadora:** En este lugar se aloja un intercambiador de placas.
3. **Sección condensadora:** Contiene al igual que el anterior en un intercambiador.
4. **Eyector:** Es el encargado extraer el aire
5. **Bomba de Agua salada:** Es la encargada de suministrar el agua salada al evaporador y al eyector.
6. **Bomba de Agua técnica:** Bomba encargada de extraer el agua técnica producida.
7. **Salinómetro:** Es un sensor, que comprueba los niveles de salinidad. (Alfa-Laval, 1993)



*Ilustración 12. Interior de un evaporador. Fuente: (Interior-  
evaporador., s.f.)*

### **5.1.3.2 Fuente Calorífica.**

El generador se debe situar cerca de la fuente de calor que lo va alimentar, con el fin de reducir al máximo las posibles pérdidas térmicas o de presión. La fuente de calor más utilizada, es el agua de alta generada en la refrigeración de las culatas de los motores principales También se pueden utilizar otros fluidos como medio de aporte térmico; ya sea vapor, agua caliente presurizada, aceite térmico, gases de escape, electricidad, etc. *(Aquamar)*

### **5.1.3.3 Principio de Funcionamiento.**

El principio de funcionamiento de un evaporador lo podemos dividir en dos:

#### **1. Unidad Evaporadora.**

El funcionamiento en esta unidad es el siguiente: El agua entra en la sección evaporadora a baja temperatura, esta es calentada por el agua de camisas de los motores principales (80-90°C). El agua por naturaleza entra en ebullición a 100°C, pero como no tenemos esa fuente de calor, utilizamos un eyector, el cual extrae el aire de la unidad evaporadora, (90-95%), al disminuir la presión el agua puede evaporarse a menor temperatura, en unos 50°C-60°C. *(Aquamar)*

#### **2. Unidad Condensadora.**

Cuando el agua pasa a una fase de vapor, este sube hacia el condensador, pasando previamente por un filtro de partículas, que recibe el nombre de “demister”, cuyo objetivo es el de captar partículas de vapor que pueden existir en el vapor. Una vez el vapor esté en el condensador es enfriado por el agua de mar y de esta manera es condensador. El agua técnica producida es succionada por la bomba de agua dulce y transportada a los tanques de almacenes de agua técnica. *(Aquamar)*



## 5.2 Generación de Vapor.

La generación de vapor en un ferry, se puede realizar de las siguientes dos formas, dependiendo de las siguientes condiciones:

- En puerto o fondeado
- En navegación

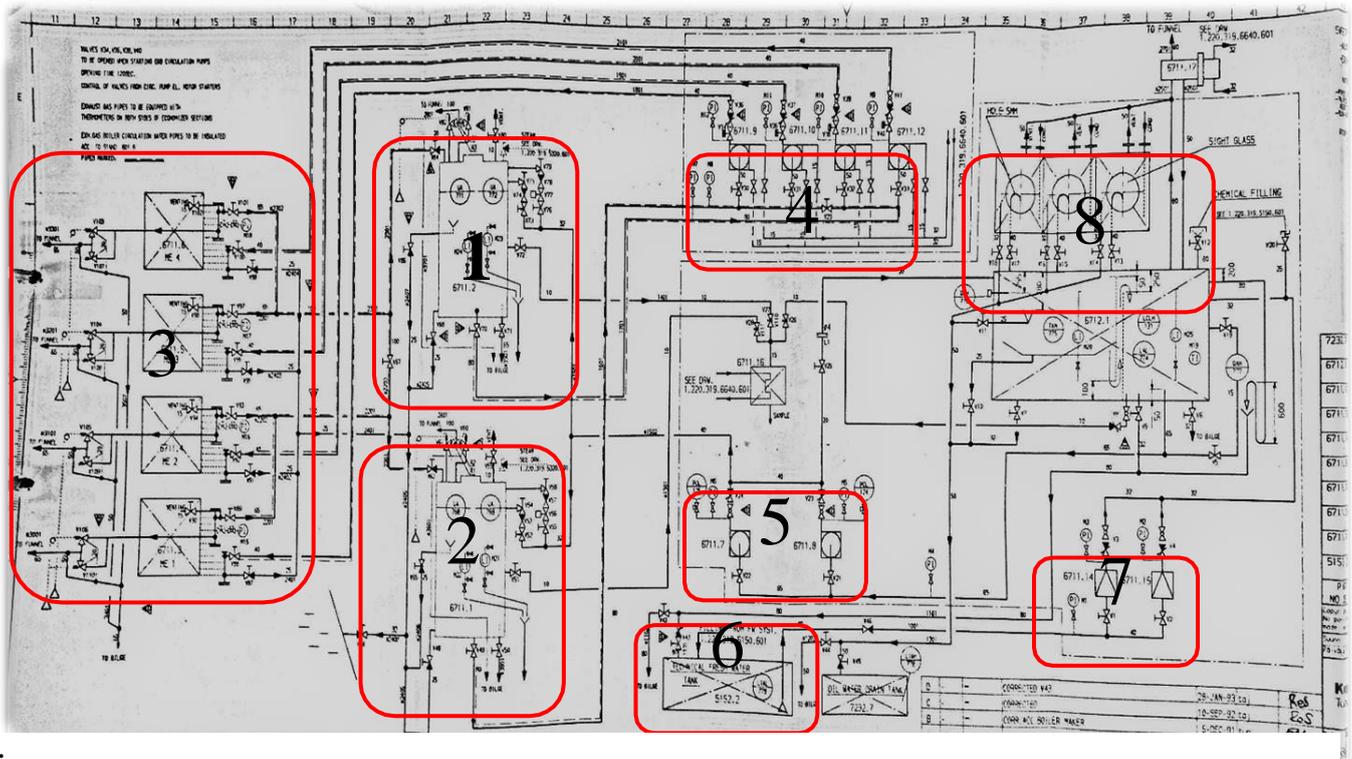


Ilustración 15. Plano de Vapor. Fuente: (Turku, 1993)

<u>1</u>	<u>Caldera de Popa</u>
<u>2</u>	<u>Caldera de Proa</u>
<u>3</u>	<u>Economizadores</u>
<u>4</u>	<u>Bombas de Economizadores.</u>
<u>5</u>	<u>Bombas de alimentación de la caldera</u>
<u>6</u>	<u>Tanque de Agua técnica</u>
<u>7</u>	<u>Bomba de alimentación de la cisterna</u>
<u>8</u>	<u>Visores de la cisterna</u>

Tabla 4. Descripción-Plano de vapor. Fuente: (Turku, 1993).



<u>1</u>	<u>Evaporador</u>
<u>2</u>	<u>Tanque de Agua Técnica.</u>
<u>3</u>	<u>Hidróforo.</u>
<u>4</u>	<u>Salinómetro.</u>
<u>5</u>	<u>Cisterna</u>
<u>6</u>	<u>Caldera</u>
<u>7-8</u>	<u>Consumidores de Vapor.</u>
<u>9</u>	<u>Purgadores de Vapor.</u>
<u>10</u>	<u>Condensador de Exceso.</u>

Tabla 5. Descripción-Generación de Vapor en puerto: Fuente propia.

### 5.2.1.1 Funcionamiento.

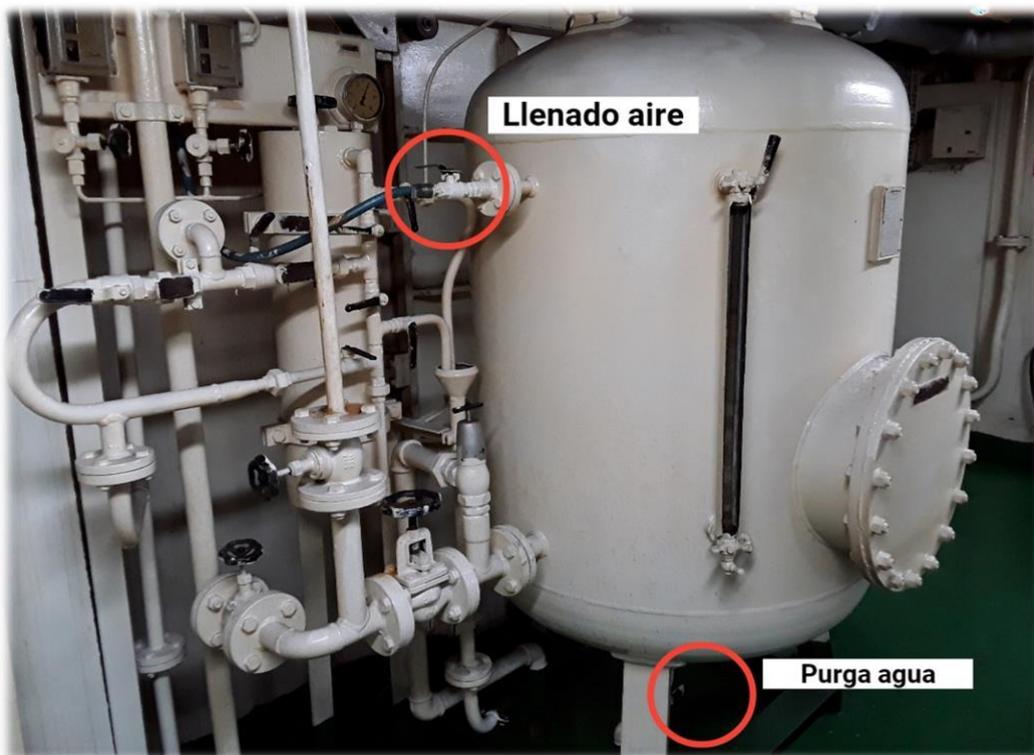
A continuación, se explicará la generación de Vapor en los ferrys, en concreto en el Juan J. Sister, de la compañía Trasmediterránea.

- El primer paso para la producción de vapor, se origina en el Evaporador. Aquí es donde se produce el agua técnica, la cual se ha explicado en un apartado anterior de cómo se origina.
- Una vez producida el agua técnica, una bomba la manda al tanque de almacén de agua técnica. Dicho tanque se puede rellenar mediante el evaporador, unidades de aire acondicionado o desde una toma de tierra.
- Desde el tanque de almacén de agua técnica puede ir al hidróforo a través de una bomba, y de ahí es mandada a diferentes consumidores de agua técnica, depuradoras aceite, depuradores de Diesel y Fuel, lavado de las turbos etc. O puede ir la cisterna. Antes de ir a dichos tanque almacen, un salinómetro, detecta el porcentaje de sal en el agua, el cual si es muy alto lo manda de nuevo al evaporador mediante una válvula anti-retorno.

Resultados.



*Ilustración 17. Bomba de agua técnica. Fuente: Trabajo de campo.*



*Ilustración 18. Hidróforo. Fuente: Trabajo de campo.*

## *Generación de Vapor.*

- El tanque cisterna es un almacén de agua técnica. Posee tres visores, donde podemos observar diferentes llegadas de agua de diferentes equipos de la máquina. Dichos visores nos permiten observar si existe contaminación del agua, y nos permite identificar donde se está produciendo dicha contaminación. La cisterna se puede rellenar a través del tanque de alancen de agua técnica, por vapor condensado que recoge los purgadores de vapor repartidos en diferentes zonas de la sala de máquinas y el exceso de vapor producido. Una bomba, llamada de alimentación de la caldera, “Fed Pump” suministran el agua técnica a las calderas. Las cuales producen el vapor.



*Ilustración 19. Visores- Cisterna. Fuente: Trabajo de campo.*

*Resultados*



*Ilustración 20. Cuadro eléctrico. Bombas calderas. Fuente: Trabajo de campo.*



*Ilustración 21. Bombas de alimentación de calderas. Fuente: Trabajo de campo.*

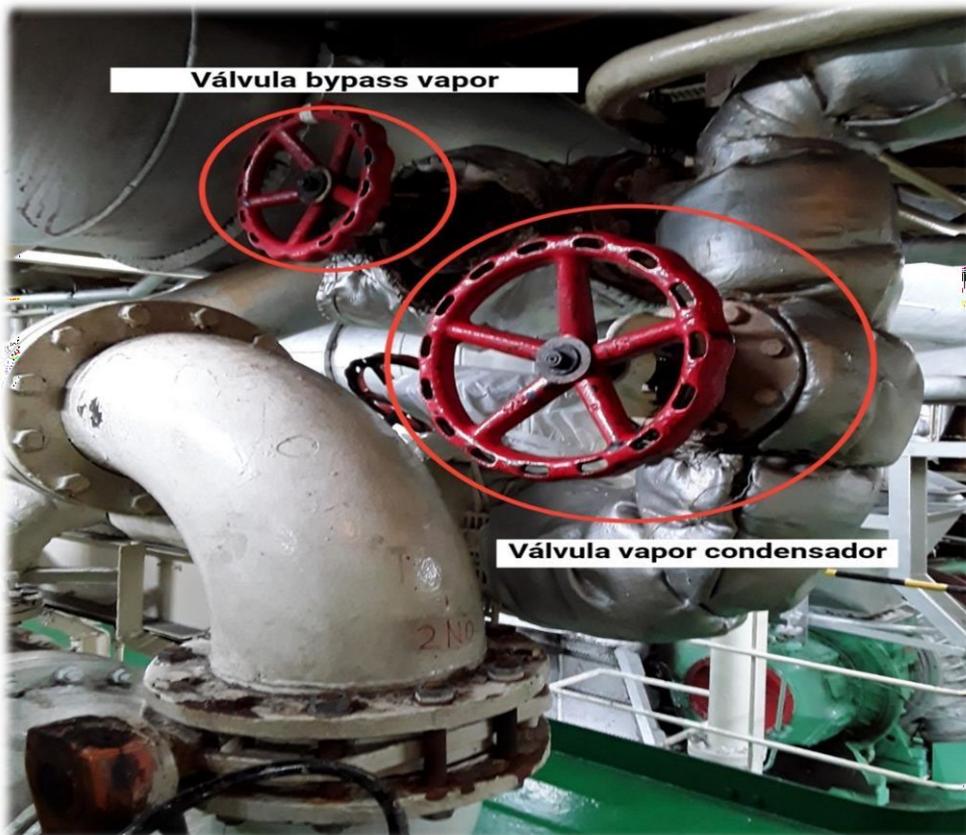
## Generación de Vapor.

- Una vez producido el vapor, este es distribuido a los diferentes equipos: Para calentar los tanques almacenes de combustible, para calentar el combustible en los módulos, para calentar el aceite en las depuradoras etc.



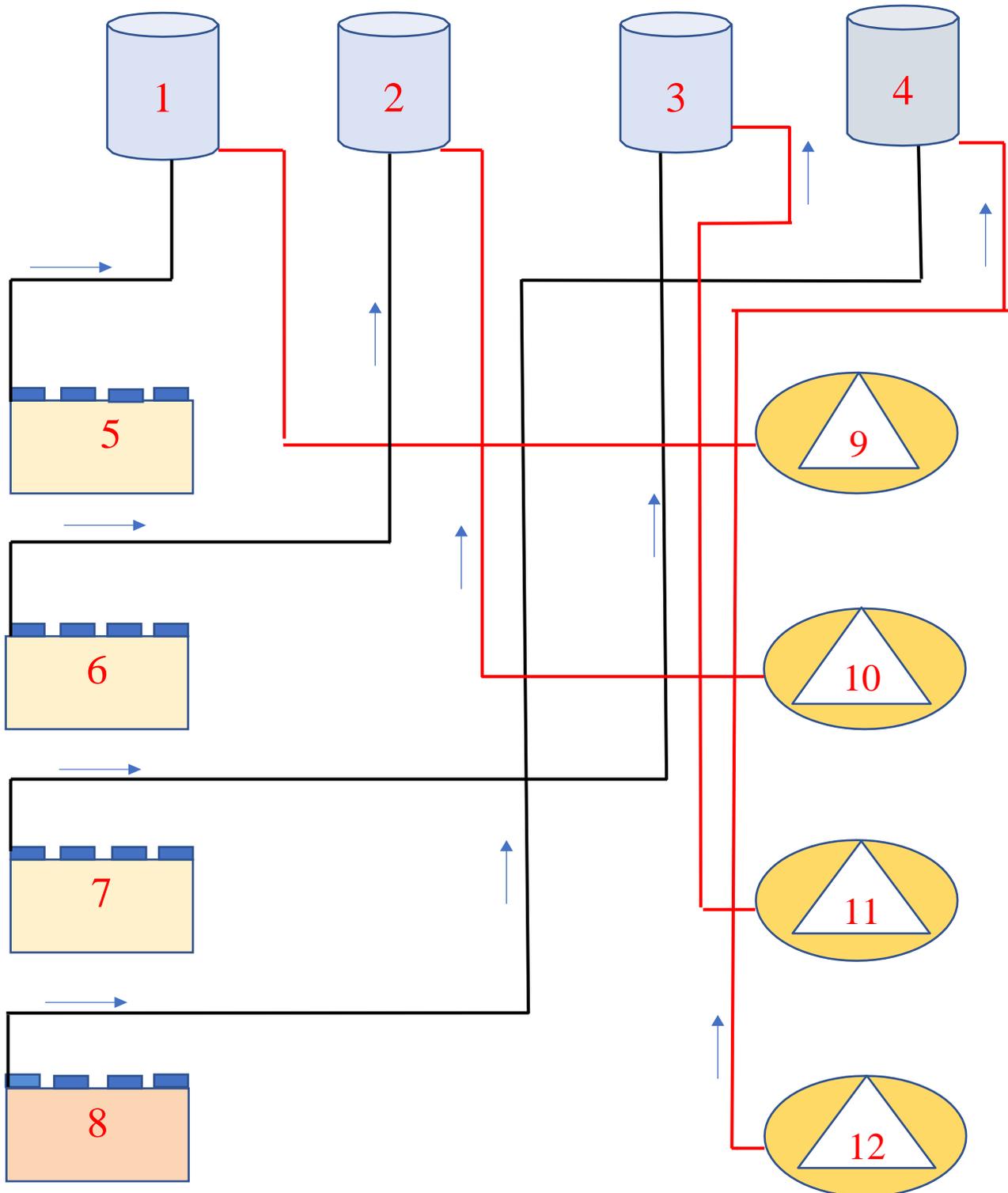
*Ilustración 22. Sala de depuradoras. Fuente: Trabajo de campo.*

- Si se produce un exceso de vapor en las calderas, este se puede enviar al condensador de exceso mediante un by-pass. En el condensador de exceso, el vapor se condensa, y es enviado de vuelta a la cisterna.



*Ilustración 23. Válvulas. Vapor. Fuente: Trabajo de campo.*

**5.2.2 Generación de Vapor. En navegación.**



*Ilustración 24. Generación de Vapor en Puerto. Fuente: Elaboración propia.*

## Generación de Vapor.

1-2-3-4	Economizadores.
5-6-7-8	Motores principales.
9-10-11-12	Bombas de economizadores.

*Tabla 6. Descripción-Generación de Vapor en puerto. Fuente: Elaboración propia.*

### 5.2.2.1 Funcionamiento.

Cuando el barco se encuentra navegando, otra manera de producir vapor es la siguiente:

Los gases de escape de los motores principales, pasan a través de una línea hasta llegar a los economizadores, los cuales están alimentados de agua técnica que es enviada por las bombas, llamadas “bombas de los economizadores”.

Esta situación permite aprovechar los gases de escape y un ahorro de combustible para las calderas, que en este caso es diésel.



*Ilustración 25. Bomba de Economizadores. Fuente: Trabajo de Campo*



*Ilustración 26. Vista superior. Motores Principales. Fuente: Trabajo de campo*

*Resultados.*

### **5.3 Tratamiento del Agua Técnica.**

El tratamiento del agua técnica es muy importante, en el mantenimiento de los principales equipos de una sala de máquina (motores principales, auxiliares, calderas etc). Dicho tratamiento y análisis nos permite identificar una avería, o prevenir una futura avería, debido a que un agua técnica en mal estado puede provocar grandes daños en dichos equipos.

#### **5.3.1 Tratamiento de Agua de calderas.**

EL tratamiento de agua de calderas en este buque se realiza con Liquitreat, de la casa UNITOR, que evita que se forme precipitaciones y también es un inhibidor de corrosión

Los componentes principales del LIQUITREAT son:

- Agentes de precipitación, fosfato y carbonato sódico cuya función es la de precipitar la dureza del calcio y magnesio, dando como resultado el que evitemos la formación de incrustaciones.
- Neutralización de ácidos.
- Acondicionador de sedimentos, para que el sedimento que tengamos sea fluido y no adherente.
- Eliminador de oxígeno, el cual reacciona químicamente con el oxígeno disuelto, formando una película de óxido férrico magnético, que ocupa la superficie del metal, logrando de este modo que los óxidos lo mantengamos reducidos.

Con este tipo de producto logramos las siguientes ventajas:

- Evitamos las incrustaciones y que se formen depósitos de fangos.
- Se evita la corrosión del oxígeno y el que tengamos un pH bajo.

A la caldera se le efectúa tres pruebas:

- Prueba de alcalinidad.
- Prueba de cloro

### *Generación de Vapor.*

- Determinación del pH.

#### - **Prueba de Alcalinidad.**

Los pasos son los siguientes:

- Medimos en una probeta graduada de 200 ml del agua a analizar.
- Vamos añadiendo pastillas de alcalinidad a la vez que removemos y observaremos que la muestra se torna de color azul.
- Seguimos añadiendo pastillas y removiendo hasta que la mezcla adquiera un color amarillo, cuando alcance dicho color dejamos de remover.
- Contamos el número de pastillas hasta que adquirió la muestra el color amarillo y hallaremos la ppm de CaCO multiplicando este número por 20 y restándole 10.

La dosificación de LIQUTREAT será menor cuanto mayor sea la ppm de alcalinidad que nos resulte.

#### - **Prueba de Cloro.**

Los pasos son los siguientes:

- Medimos en una probeta graduada 50 ml del agua a analizar.
- Añadimos una pastilla de cloro y se tornará de color amarillo, por lo que nos indica la presencia de cloros.
- Seguimos añadiendo pastillas hasta que la muestra adquiera un color naranja con un tinte marrón que nos indica que el ensayo ha terminado.
- La ppm de Cl las hallamos multiplicando por 20 el nº de pastillas que hemos añadido y restándole 20. Es aconsejable que el agua no tenga más de 40 ppm de Cloro

*Resultados.*

- **Determinación del PH.**

Tomamos una tira de pH la humedecemos de la muestra que estamos analizando y adquirirá un color que coincidirá con uno de los colores que se asignan en la tabla de la que dispone el recipiente donde se guardan las tiras de pH. Dicho color lleva una lectura que indica el pH, portanto, nos indicará el ph de la muestra.

\*Los valores que nos da normalmente el agua de calderas en los análisis son:

- -De 130 a 210 ppm de CaCO.
- -De 9 a 10 de pH.
- -De 0 a 40 de ppm de Cl.

**5.3.2 Tratamiento del Agua de Motores.**

Las pruebas para la determinación de la cantidad de cloros y para la obtención del pH es el mismo procedimiento y se utiliza los mismos productos que para el análisis de agua de calderas.

Lo que realizamos en el agua de motores es el análisis de la ppm de nitritos que componen el agua.

- **Determinación de la ppm nitritos en el agua de motores.**

Los pasos son los siguientes:

- Para ello tomamos con una jeringa 5 ml del agua a ensayar y la introducimos en una probeta graduada al menos hasta 100ml.
- A continuación, rellanos de agua destilada la probeta hasta alcanzar los 50 ml.
- Añadimos 2 pastillas de nitrito-1 y removemos adquiriendo la muestra un color blanco.

A continuación, vamos añadiendo, de una en una y removiendo, pastillas de nitritio-2, observando que la muestra adquiere un color blanco y más

### *Generación de Vapor.*

tarde a medida que vamos añadiendo pastillas, un color rosa. En el momento que el color rosa persista durante un minuto, habremos terminado el ensayo

Para determinar las ppm de nitrito sólo tenemos que multiplicar por 180 el número de pastillas que hemos añadido al agua.

\*Los valores que usualmente nos da el análisis de agua de motores son:

- De 1260 a 1620 ppm de nitritos.
- De 0 a 40 ppm de Cl.
- De 8.7 a 9.5 de pH.

\*También realizamos análisis de agua del tanque cisterna, de la que analizamos su contenido en cloro y su pH, siendo los valores usuales de 0 a 40 ppm de Cl y de 8.3 a 8.7 de pH.

*Resultados.*

#### **5.4 Averías relacionadas con el Vapor.**

Hay muchas averías relacionadas con la producción de vapor, que afecta a menor o a mayor medida según los equipos involucrados. Algunas averías comunes son las siguientes:

##### **5.4.1 Bomba de Economizadores en mal Estado.**

Las bombas de economizadores son las encargadas de suministrar el agua técnica a los economizadores. Suele haber una por cada motor. En este caso, hay 4.

Cualquier avería en algunas de ella, ocasiona un aumento de la temperatura en el economizador que esté relacionado con la bomba, o una disminución de la presión en la producción de vapor. Dicha avería deberá solucionarse pronto, ya que puede ocasionar fallos en la temperatura de combustible, aceite etc.

Una de las averías más comunes es el desgaste del cople de la bomba, ya sea por el desgaste de “estrella de goma” o por un mal engrase.



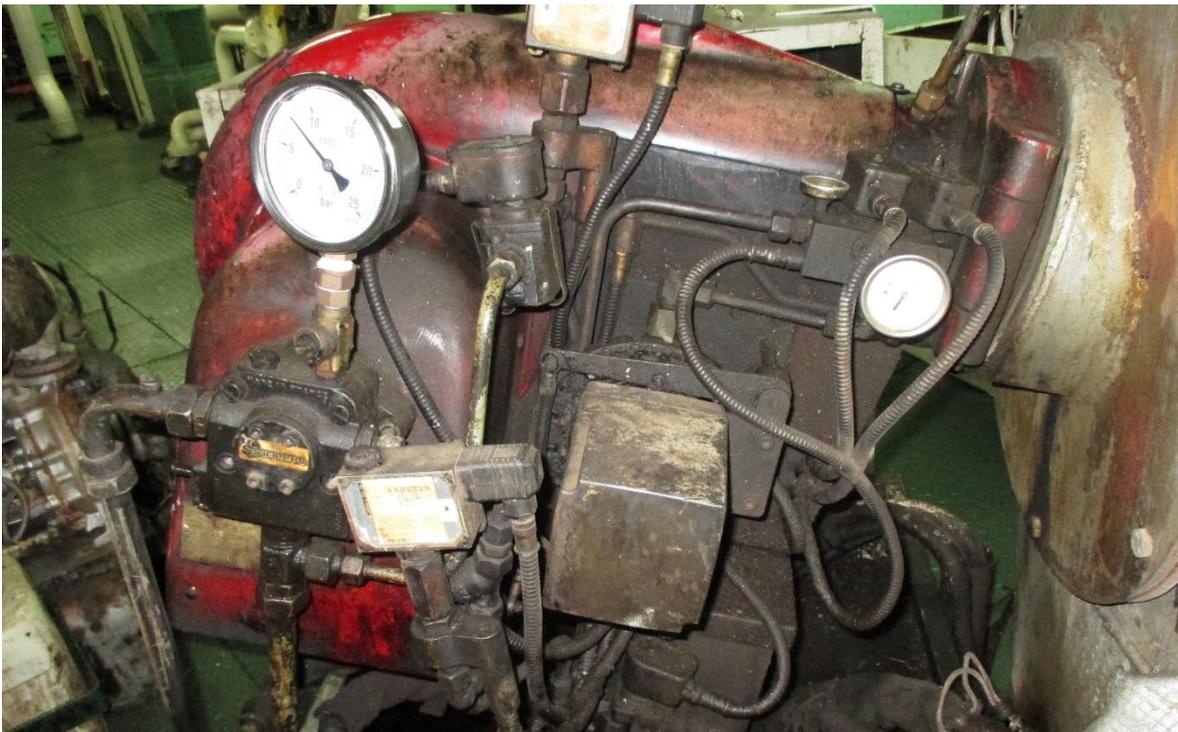
*Ilustración 27. Bomba de Economizador. Fuente: Trabajo de Campo.*

#### **5.4.2 Célula de combustible sucia.**

El quemador de una caldera es dispositivo muy delicado y cualquier fallo que detecte por seguridad se apaga. Este es el caso de la siguiente avería.

Dentro del quemador, existe una célula, la cual es la encargada de detectar la suciedad del combustible, en este caso Diesel marino. Si esta célula no se le hace el mantenimiento predictivo necesario o el Diesel viene con mucha suciedad, se ensucia y da fallo. Este fallo se detecta en el cuadro de caldera “fallo de llama”. Un fallo en el quemador, hará que no se produzca la combustión en el interior de la caldera, por tanto, no se podrá producir vapor.

La solución es muy simple, es abrir una parte del quemador, limpiar con un producto químico, en este caso ELECTROSOLVE la célula.



*Ilustración 28. Quemador. Fuente: Trabajo de campo.*

### 5.4.3 Alto nivel de agua en la caldera.

La alarma de alto nivel de agua en una caldera, para automáticamente la caldera por seguridad. El alto nivel de una caldera se debe sobre todo al fallo de la válvula automática de entrada de agua.

Para solucionar está avería basta con sustituir o reparar dicha válvula, o utilizar la válvula de respeto que en este caso es manual, y así poder controlar el nivel. Para eliminar el agua “sobrante” se puede esperar a que a la válvula una vez reparada la regule o extracionar la caldera.

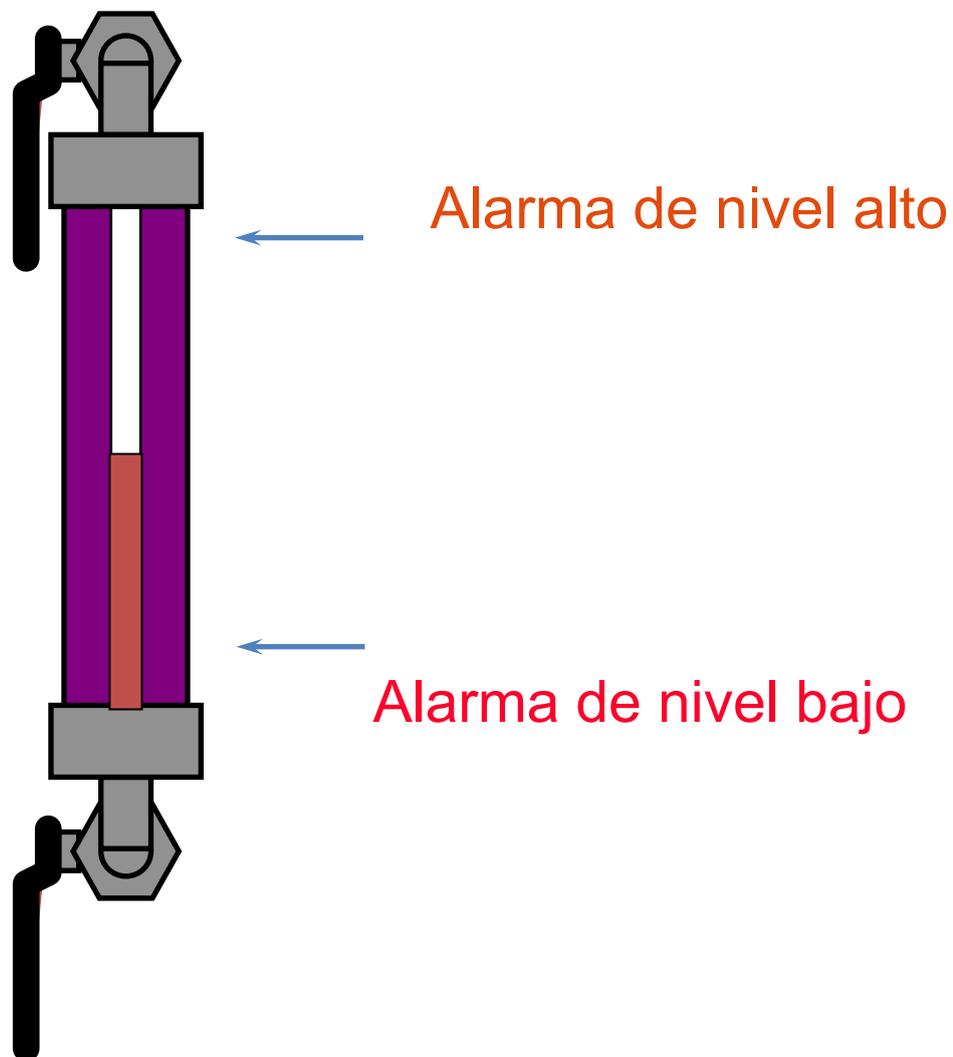


Ilustración 29. Nivel de la caldera. Fuente: (Caldera, s.f.)

*Generación de Vapor.*

## VI Conclusión.

*Conclusión.*

## **VI Conclusión.**

En este apartado escribiré, mi opinión y conclusiones a las que he llegado en la realización de este trabajo.

- La primera de ellas es la dificultad que supone realizar un proyecto de Fin de carrera, en el cual debes tener en cuenta muchos aspectos. Pero con la ayuda necesaria y el trabajo constante se realiza de una manera amena y satisfactoria.
- En cuanto al tema del trabajo de fin de grado “GENERACIÓN DE VAPOR EN UN FERRY” decir que, gracias a la elección de este tema, me he dado cuenta de la importancia del vapor en barcos, ya sea para generar calor de calefacción, o algo tan importante como lograr que el combustible llegue a la temperatura necesaria a los motores.
- Y por último es a la fiabilidad de barco en cuestión. Que, a pesar de tener bastante año de servicio, está en perfectas condiciones, conservando bastantes elementos de fábrica intactos dando una seguridad que difícilmente puede haber en otros barcos.

*Bibliografía.*

## VII Bibliografía.

*Generación de Vapor.*

## VII Bibliografía.

- Alfa-Laval. (1993). *Instrucciones de Operación por tipo JWP-26-C80*. Suecia.
- Aquamar. (s.f.). *Generadores de Agua dulce*.
- Caldera, V. d. (s.f.). *Spirax-Sarco*. Obtenido de <https://docplayer.es/67980448-Accessorios-de-las-calderas-spirax-sarco-s-a-u.html>
- Cisserv, A. (1992). *Instrucción Manual for Burner type RMS 8 & Boiler type AQ 12*.
- Herón. (s.f.). *vicentemanera*. Obtenido de <https://vicentemanera.com/tag/eolipila/>
- Interior-evaporador. (s.f.). *ingmaritima*. Obtenido de <http://ingmaritima.blogspot.com/2016/09/guia-basica-generadores-de-agua-dulce.html>
- Kohan, A. L. (2000). *Manual de Calderas*. Macgraw-Hill.
- Sister., J. J. (s.f.). *Puentedemandando*. Obtenido de <https://www.puentedemandando.com/nueva-imagen-corporativa-para-el-ferry-juan-j-sister/>
- Turku. (1993). *Manual. Juan J. Sister*. Finlandia.
- Vulcano. (s.f.). *Calderas Pirtotubulares*. País Vasco.
- Watt, J. (s.f.). *Tecnología industrial*. Obtenido de <https://www.tecnologia-industrial.es/tecnologos/james-watt-y-la-maquina-de-vapor/>