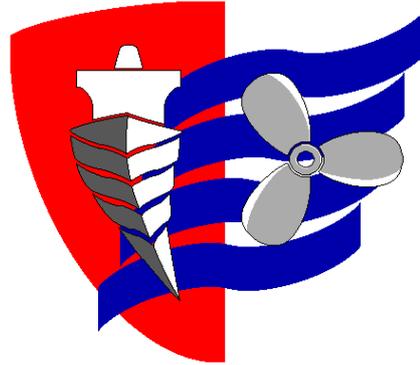


ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



Trabajo Fin de Máster

**TRATAMIENTO AGUA SANITARIA
MEDIANTE RADIACIÓN ULTRAVIOLETA
EN UN BUQUE LNG**

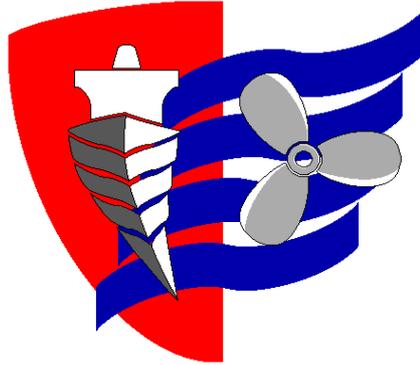
***SANITARY WATER TREATMENT BY
ULTRAVIOLET RADIATION IN A LNG SHIP***

Para acceder al Título de Máster Universitario en
INGENIERÍA MARINA

Autor: Alberto Colsa Diaz
Director: Belén Río Calonge

Julio - 2017

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



Trabajo Fin de Máster

**TRATAMIENTO AGUA SANITARIA
MEDIANTE RADIACIÓN ULTRAVIOLETA
EN UN BUQUE LNG**

***SANITARY WATER TREATMENT BY
ULTRAVIOLET RADIATION IN A LNG SHIP***

Para acceder al Título de Máster Universitario en
INGENIERÍA MARINA

Julio - 2017

ÍNDICE

Resumen	5
Palabras clave	5
Summary	6
Keywords	6
1. Memoria.....	8
1.1. Objeto	8
1.2. Alcance	8
1.3. Antecedentes.....	8
1.3.1. El agua potable	8
1.3.2. ¿Qué es la desinfección del agua?	8
1.3.3. Medidas a tomar.....	9
1.3.4. Planta tratamiento existente del buque	9
1.4. Normas y Referencias	10
1.4.1. Normas.....	10
1.4.2. Bibliografía	11
1.5. Definiciones y abreviaturas.....	13
1.6. Requisitos de diseño.....	14
1.6.1. Características del buque.....	14
1.6.2. Planta generadora de agua destilada.....	17
1.6.3. Sistema de trasiego de agua destilada	18
1.6.4. Servicio de agua fría para uso domestico	18
1.6.5. Servicio de agua caliente para uso domestico	19
1.6.6. Características técnicas de los equipos empleados.....	20
1.7. Análisis de soluciones.....	21
1.7.1. Métodos De Desinfección	21

1.7.2.	Desinfección por cloro y derivados.....	21
1.7.3.	Desinfección por Ionización	23
1.7.4.	Desinfección con Ozono	24
1.7.5.	Desinfección radiación ultravioleta.....	25
1.8.	Resultados finales	26
1.8.1.	Introducción a la desinfección por ultravioleta.....	26
1.8.2.	¿Qué es la luz ultravioleta (UV)?.....	26
1.8.3.	Equipos	27
1.8.4.	Instalación y requerimientos.....	30
1.8.5.	Operación y mantenimiento	30
1.8.6.	Monitoreo	31
1.9.	Planificación.....	32
2.	Anexos.....	34
2.1.	Requisitos sanitarios agua potable	34
2.2.	Datos básicos para el cálculo	35
2.3.	Términos y condiciones	36
2.4.	Determinación del volumen de agua requerida	37
2.5.	Cálculos	39
2.5.1.	Método de cálculo de la distribución	39
2.5.2.	Instalación de agua fría	40
2.5.3.	Instalación de agua caliente.....	42
3.	Planos.....	48
3.1.	Plano Sistema Agua Sanitaria	48
3.2.	Plano Agua Sanitaria Con Equipo Ultravioleta.....	48
3.3.	Sistema Ultravioleta	48
4.	Pliego de condiciones.....	55

4.1.	Condiciones Generales.....	55
4.2.	Materiales	56
4.3.	Responsabilidades	56
4.4.	Medios Y Equipos De Protección Colectiva E Individual	60
5.	Mediciones y presupuesto	62
5.1.	Presupuesto desglosado en partidas.....	62
5.2.	Balance final del presupuesto.....	63

RESUMEN

El proyecto realizado consiste en el diseño del sistema de tratamiento del agua sanitaria de un buque, en este caso de un buque LNG, en el cual se implementará en la instalación de agua potable un esterilizador por radiación ultravioleta.

Los sistemas de esterilización de agua que se utilizan en un buque pueden ser químicos, por ionización o por radiación ultravioleta.

El buque cuenta con un sistema de esterilización del agua antes de su almacenaje en el tanque, y en este proyecto se instalará un tratamiento después del tanque para obtener agua perfectamente tratada para el consumo humano.

Las normas que se han tenido en cuenta durante el desarrollo son las UNE ISO 15748-1 y la UNE ISO 15748-2 que tratan sobre el suministro de agua potable en buques y estructuras.

PALABRAS CLAVE

Agua potable, esterilizador, ultravioleta.

SUMMARY

The project consists of the design of the water treatment system of a ship, in this case an LNG vessel, in which an ultraviolet radiation sterilizer will be installed in the fresh water line.

Water sterilization systems that are used in a ship can be chemical, by ionization or by ultraviolet radiation.

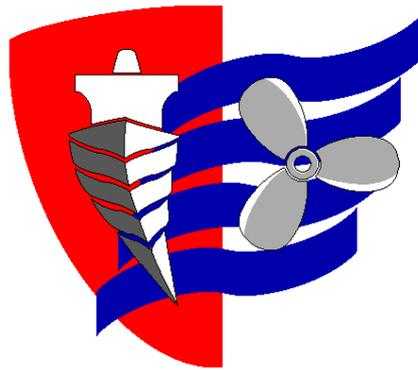
The vessel has a water sterilization system prior to its storage in the tank, and this project will install a treatment after the tank to obtain water perfectly treated for human consumption.

The standards that have been taken into account during development are the UNE ISO 15748-1 and the UNE ISO 15748-2 dealing with the supply of drinking water in ships.

KEYWORDS

Drinking water, fresh water, sterilizer, ultraviolet

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**



MEMORIA

1. MEMORIA

1.1. OBJETO

Tratamiento agua sanitaria mediante radiación ultravioleta en un buque LNG.

1.2. ALCANCE

El destinatario del presente proyecto es la Escuela Técnica Superior de Náutica de la Universidad de Cantabria, donde se presentará como Trabajo Fin de Máster al objeto de obtener el título de Máster en Ingeniería Marina.

1.3. ANTECEDENTES

1.3.1. EL AGUA POTABLE

De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS), el término "agua potable" define toda agua para consumo humano. Es crucial tener en cuenta que esto incluye no solo el agua para beber o cocinar, sino también el agua para, por ejemplo, cepillarse los dientes, ducharse, lavarse las manos y lavar la ropa, para uso en zonas de aguas recreativas, para uso en el hospital del buque, para la manipulación, preparación o cocción de alimentos, y para la limpieza de las áreas de almacenamiento y preparación de alimentos, utensilios y equipo.

El agua potable, según lo definido por las Guías para la calidad del agua potable de la OMS, no representará ningún riesgo significativo para la salud durante su consumo de por vida.

1.3.2. ¿QUÉ ES LA DESINFECCIÓN DEL AGUA?

La desinfección del agua es la extracción o eliminación de los microorganismos patógenos que existen en el agua. La destrucción de los microorganismos supone al final la reproducción y crecimiento de estos microorganismos.

Si estos microorganismos no son eliminados del agua, el agua no será potable y puede ser causa de enfermedades para el ser humano. Por lo tanto el agua potable no puede contener estos microorganismos.

1.3.3.MEDIDAS A TOMAR

La desinfección se realiza por medio de desinfectantes químicos y/o físicos. Estos a su vez eliminan otros organismos del agua, que son nutrientes o cobijo para los microorganismos. Los desinfectantes no solo deben eliminar a los microorganismos sino que además deben tener un efecto residual, esto significa que se mantienen como agentes activos en el agua después de la desinfección para prevenir el crecimiento de los microorganismos en las tuberías provocando la recontaminación del agua.

1.3.4.PLANTA TRATAMIENTO EXISTENTE DEL BUQUE

El buque presenta un tratamiento del agua destilada antes de ser almacenada en los tanques de agua potable.

Este tratamiento se realiza en dos etapas una primera será la aportación de sales minerales al agua destilada, esto se realiza para mejorar sus cualidades aportando sales y regulando el PH, esta aportación de sales es necesario para que el tratamiento de desinfección del agua mediante iones plata, que es un tratamiento químico, tenga un efecto adecuado.

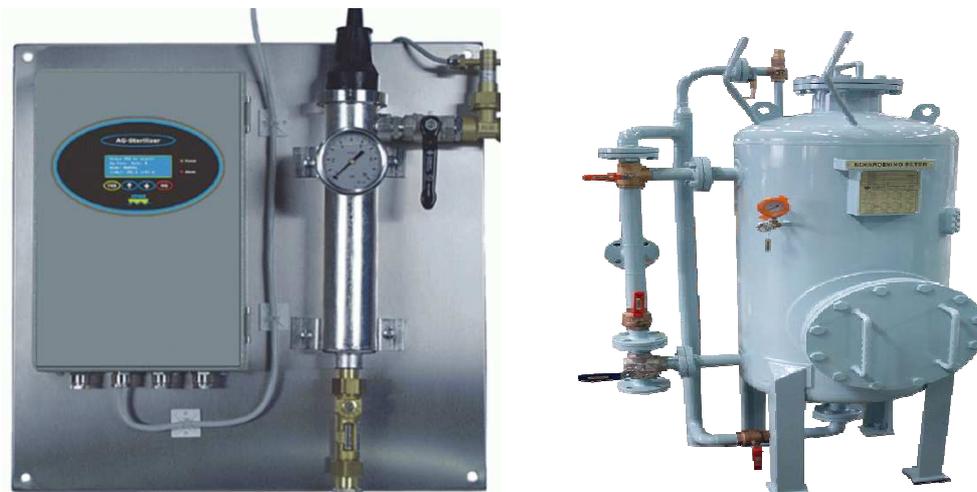


Figura 1. Esterilizador iones plata y Mineralizador.

Fuente:Jowa, (2017);Sakuncentury (2017)

1.4. NORMAS Y REFERENCIAS

1.4.1. NORMAS

UNE-EN ISO 15748-1, (2003) Embarcaciones y tecnología marina. Suministro de agua potable en buques y estructuras marinas. Parte 1: Planificación y diseño.

UNE-EN ISO 15748-2, (2003) Embarcaciones y tecnología marina. Suministro de agua potable en buques y estructuras marinas. Parte 2: Método de cálculo.

UNE 27650 (1976) Tubos de acero para construcción naval.

UNE 157001(2014) Criterios generales para la elaboración formal se los documentos que constituyen un proyecto técnico.

UNE-EN 352-2 (2003) Protectores auditivos. Requisitos generales. Parte 2: Tapones.

UNE-EN 354 (2011) Equipos de protección individual contra caídas. Equipos de amarre.

UNE-EN 358 (2000) Equipo de protección individual para sujeción en posición de trabajo y prevención de caídas de altura. Cinturones para sujeción y retención y componente de amarre de sujeción.

UNE-EN 361 (2002) Equipos de protección individual contra caídas de altura. Arnese anticaídas.

UNE-EN 362 (2005) Equipos de protección individual contra caídas de altura. Conectores.

UNE-EN 397 (2012+A1) Cascos de protección para la industria.

UNE-EN 420 (2004) Guantes de protección. Requisitos generales y métodos de ensayo.

1.4.2. BIBLIOGRAFÍA

Castillo de Villalba, Operations manual.

Compañía h2obiotech. <http://www.h2obiotech.com/> (consultado junio 2017).

Compañía Hidroagua. <http://www.hidroagua.com.mx/> (consultado junio 2017).

Compañía Hitech Ultraviolet Pvt. <http://www.hitechuv.com> (consultado junio 2017).

Compañía Mitsubishi. <http://www.mitsubishielectric.es/> (consultado junio 2017).

Compañía Xylem Water Solutions. <http://www.xylemwatersolutions.com/> (consultado junio 2017).

Cordero Sánchez, A (2015) Cálculo y diseño del sistema de agua dulce en un buque tanque. Trabajo Fin de Grado. Universidad de Cantabria.

DOE, (2017). Seahorse / UVDisinfection [.HTTP://DOE.PL/WATER/SEAHORSE/](http://DOE.PL/WATER/SEAHORSE/) (consultado junio 2017).

Jowa, (2017). Jowa Company. <http://www.jowa.se/page/products/water-handling-systems/ag-s---silver-ion-steriliser> (consultado junio 2017).

Lenntech, (2017). Tratamiento y purificación del agua. <http://www.lenntech.es/procesos/desinfeccion/desinfeccion.htm>

Naviera El Cano. <http://www.navieraelcano.es/>(consultado junio 2017)

OMS, (2017). Guía de sanidad a bordo - World Health Organization. http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/78038/1/9789275317105_spa.pdf

Pagina web <http://fisica.laguia2000.com> (consultado junio 2017).

Pagina web <http://ingemecanica.com> (consultado junio 2017).

Rocha Castro, Edmundo, (2010). Ingeniería de tratamiento y acondicionamiento de aguas.

Solsona, F.P & Méndez, J.P., (2002) Desinfección del agua. Editorial Cepis.

Tejero, I.; Suarez, J.; Jacome, A.,; Temprano, J., (2017). Apuntes de la asignatura Ingeniería Sanitaria y Ambiental. Universidad de Cantabria.

Tubasys <http://www.tubasys.com> (consultado junio 2017).

Wikiwater, (2017). Tratamiento de aguas. <http://www.wikiwater.fr/b1-el-precio-del-agua-y-su.html>(consultado junio 2017).

1.5. DEFINICIONES Y ABREVIATURAS

Evaporador, destilador, planta destiladora: Equipo completo que produce agua destilada partiendo del agua del mar.

Destilado, agua destilada, agua condensada: Resultado de la condensación del agua del mar producida por la evaporación del agua del mar.

Agua potable: agua apropiada para el consumo humano y utilizada de acuerdo con los requisitos de calidad especificados en las estipulaciones que haya que aplicar reglamentariamente.

Agua fría: agua fría potable entre 5°C y 25°C.

Agua caliente: agua caliente potable entre 50°C y 90°C, normalmente 60°C.

Línea de agua potable: tubería destinada exclusivamente a llevar agua potable.

Esterilizador, planta esterilizadora: Equipo que realiza el tratamiento del agua destilada.

Radiación ultravioleta: Se denomina radiación ultravioleta o radiación UV a la radiación electromagnética cuya longitud de onda está comprendida aproximadamente entre los 400 nm y los 15 nm

1.6. REQUISITOS DE DISEÑO

1.6.1. CARACTERÍSTICAS DEL BUQUE

El buque LNG *Castillo de Villalba* fue construido en Cádiz, en los Astilleros de IZAR de Puerto Real (Cádiz) siendo entregado en Noviembre del año 2003. Este buque pertenece a la compañía *Empresa Naviera El Cano S.A.* y está propulsado por una turbina de vapor de la casa japonesa *Kawasaki*.



Figura 2. Buque LNG Castillo de Villalba.

Fuente: <http://www.navieraelcano.es/>

En su construcción se empleó en la estructura acero de grado especial para bajas temperaturas, aprobado por la sociedad de clasificación y por la compañía licenciadora del sistema de membrana aislante *Gas Transport&Technigaz*. Se trata de un buque especialmente proyectado y construido para el transporte de gas natural licuado a una temperatura de -163°C y presión atmosférica, en cuatro tanques convenientemente aislados empleando el diseño de doble membrana *INVAR*.

El buque, con toda su maquinaria y equipo ha sido construido bajo la supervisión e inspección de la Sociedad de Clasificación *Lloyd's Register of Shipping* para alcanzar la siguiente notación de clase: X100A1, Buque Tanque de Gas Licuado, Metano en tanques de membranas, Presión Máxima 0.25 bar, Mínima Temperatura -163°C , *XLMC, UMS, PORT, SDA, IWS, SCM, LI, FDA, NAVI, IBS, ES, TCM, CCS*.

Las principales características del buque se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 1. *Características Principales del Buque LNG Castillo de Villalba.*

Fuente: Propia

LNG Castillo de Villalba	
Tipo	<i>LNG Carrier – Membrane – GTT N° 96 E2</i>
Armador	<i>EmpresaNaviera Elcano (ENE)</i>
N° IMO	<i>9236418</i>
Puerto de Registro	<i>Santa Cruz de Tenerife</i>
Distintivo	<i>EBYS</i>
Eslora Total	<i>279.8 m</i>
Eslora entre Perpendiculares	<i>268.8 m</i>
Manga de Trazado	<i>43.4 m</i>
Peso Muerto	<i>77217 Tn</i>
Capacidad de Carga	<i>138000 m3</i>
Sistema contenciónCarga	<i>Membrana</i>
PotenciaPropulsora	<i>MCR 36000 Shp - 88 rpm</i>
	<i>NCR 32400 Shp - 85 rpm</i>
Velocidad de Servicio	<i>18.5 nudos</i>

El *Castillo de Villalba* es un buque de turbinas en el cual la potencia total entregada a la hélice para el desplazamiento del buque, es suministrada por dos turbinas principales cuya fuente de energía, es el vapor generado en dos calderas. El vapor, una vez expandido, es condensado en el condensador principal y enviado de nuevo a la caldera.

Este barco está dotado de una planta de vapor constituida con dos calderas de alta presión Mitsubishi, tipo de tubos de agua con quemadores en techo del hogar y 2 colectores, uno inferior de agua y el superior de vapor.

Sus condiciones del vapor son: vapor recalentado a 61,8 kg/cm² y 515°C.

Tabla 2. Características de la Máquina del Buque LNG Castillo de Villalba

Fuente: Propia

Maquina Principal		
Calderas	Mitsubishi Heavy Industries Ltd.	
	<i>Cantidad</i>	2
	<i>Tipo</i>	Vertical, con dos colectores y tubos de agua
	<i>Max. Evaporación</i>	56000 Kg/h cada una
	<i>Normal</i>	49000 Kg/h cada una
	<i>Evaporación</i>	
	<i>Vapor Recalentado</i>	61.5 Kg/cm ² y 515°C
Turbina	Kawasaki Heavy Industries Ltd.	
	<i>Tipo</i>	Turbina marina de alta y baja presión con componentes transversales
	<i>Potencia</i>	MCR 36000 Shp - 88 rpm NCR 32400 Shp - 85 rpm
	<i>Vapor Recalentado</i>	61.5 Kg/cm ² y 515°C con Válvula de Maniobra
	<i>Reductora</i>	Doble caja con doble helicoidal y tándem articulado con virador conducido por un motor eléctrico reversible que alcanza una velocidad de giro de 0.2 rpm
Propulsor	Daewoo	
	<i>Tipo</i>	Hélice de paso fijo de 5 palas con un diámetro de 8,5 m.

1.6.2.PLANTA GENERADORA DE AGUA DESTILADA

Hay instalados dos generadores de agua destilada que emplean vapor desrecalentado a baja presión como fuente de calor, el generador de agua destilada no.1 emplea agua de mar para la condensación y el no.2 lo hace con agua descondensado.

Cada generador de agua destilada tiene su eyector de extracción de aire y de salmuera. Este eyector emplea agua que impulsa la bomba de alimentación de agua de mar para crear vacío y con eso provocar bajar la temperatura de ebullición del agua.

El agua de alimentación entra en los canales de agua la sección del evaporador a través de una válvula de muelle de regulación de presión. El vapor desrecalentado entra en los canales de vapor de la misma sección, provocando la destilación del agua.

Parte de del agua que se ha evaporado entra en el separador que separa las cámaras de evaporación y condensación, provocándose la separación del vapor de la salmuera, la cual cae al fondo de la cámara de evaporación y es extraída por el eyector.

El vapor separado entra en la cámara de condensación y entra en los canales de vapor de la sección de condensación. Para provocar su condensación se emplea agua de mar o agua de condensado, dependiente del generador en cuestión. En caso de ser agua de mar, se transfiere calor a ésta durante la condensación antes de entrar en la cámara de evaporación, lo que permite aumentar algo el rendimiento de la planta.

El agua destilada ya condensada se extrae con la bomba de destilado y se hace pasar a través de un salinómetro que controla la salinidad de la misma. Si ésta estuviese por encima del valor establecido (1,2 ppm) se activará una alarma y automáticamente esta agua destilada condensada recircula al evaporador.

El agua destilada en buenas condiciones de salinidad se descarga a los tanques de agua destilada o de agua potable. El agua que va a estos últimos pasa previamente por un filtro de potabilización (*rehardeningfilter*), el cual le aporta dureza e incrementa su pH para entrar ya directamente a los tanques como agua apta para el consumo.

1.6.3. SISTEMA DE TRASIEGO DE AGUA DESTILADA

El agua destilada es impulsada por la bomba de destilado de cada generador hacia los tanques. El trasiego puede hacerse a los tanques de agua destilada, tanques de expansión del sistema de refrigeración de agua dulce de la maquinaria de la sala de máquinas y de la carga, tanque de refrigeración de la bocina o a los tanques de agua potable.

El esterilizador de plata destruye las bacterias y desprende un residuo de iones de plata en el agua almacenada para una esterilización efectiva. El filtro de pH (*rehardeningfilter*) extrae del agua las partículas sólidas y el gas ácido carbónico, lo que provoca que se neutralice o se rebaje al mínimo la alcalinidad.

El agua pasa también entre dos electrodos en la propia unidad de esterilización, los cuales permiten que circule una pequeña corriente a través del agua y se eliminan los iones del agua, esterilizando mejor el agua. De esta manera se asegura que el agua se mantiene en buenas condiciones, siempre y cuando el agua se almacene durante un determinado período de tiempo. Los electrodos de plata se deben inspeccionar y cambiar cuando se haya desprendido la envuelta de plata.

1.6.4. SERVICIO DE AGUA FRÍA PARA USO DOMESTICO

La unidad del hidróforo de agua potable almacena agua fría para consumo, agua sanitaria y agua para servicios técnicos. El agua potable de esta unidad también suministra agua al calentador y, desde aquí, las bombas de circulación de agua caliente suministran a la acomodación.

El agua que venga del exterior, bien sea de una gabarra, bien sea de tierra, se hace circular por las líneas de agua localizadas en los manifolds de carga, tanto a babor como a estribor. Las válvulas de llenado de los tanques de agua que se sitúan en cubierta deben de estar normalmente cerradas. El agua que se suministra desde tierra no pasa a través del esterilizador de iones de plata o del mineralizador, por lo que debe asegurarse de que esta agua es apta para el consumo humano.

El agua para uso doméstico se almacena en dos tanques, el 17A de 279,4 m³ y el 17F de 258,6 m³, los cuales se localizan a babor del cuarto del servo. Cada uno posee un nivel para poder controlarlo mediante el IAS.

Hay dos bombas hidróforas de agua dulce que aspiran de los tanques de agua para uso doméstico. Estas bombas descargan al tanque hidróforo de agua dulce, el cual se mantiene bajo cierta presión gracias al aire comprimido por encima del nivel de agua del mismo. Este aire proviene del servicio de aire comprimido. La presión del tanque se controla mediante el arranque y paro de la bomba hidrófora que esté en servicio, controlada de forma automática por el sistema de control. A medida que se consume agua, la presión del tanque desciende, hasta que arranca la bomba y se incrementa el nivel de agua del mismo, provocando también un incremento de la presión. El arranque y parada de la bomba se hace en base a unos flotadores de nivel.

1.6.5.SERVICIO DE AGUA CALIENTE PARA USO DOMESTICO

Este servicio suministra agua caliente a la acomodación para uso doméstico. El agua se hace circular continuamente a través de un calentador, el cual emplea vapor o una resistencia eléctrica para llevar la temperatura del agua al valor deseado. Este calentador tiene dos bombas, estando sólo una de ellas en servicio.

1.6.6. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LOS EQUIPOS EMPLEADOS

En la tabla 3 se hace referencia a los elementos que forman el sistema de agua sanitaria del buque y sus características técnicas de cada equipo.

Tabla 3 Características equipos del sistema agua sanitaria
Fuente: Propia

Generadores de agua destilada			
Fabricante	Sasakura	Tipo	Vapor de baja presión
Producción de diseño: 30 toneladas/día.			
Bombas del tanque hidróforo de agua fría			
Fabricante	Azcue	Tipo	centrífuga
Capacidad: 7,5 m ³ /h a 6,0 kg/cm ² .			
Bombas de circulación de agua caliente			
Fabricante	Grundfoss	Tipo	centrífugas
Capacidad: 2,0 m ³ /h a 1,0 kg/cm ² .			
Esterilizador de iones de plata			
Fabricante	Jowa		
Capacidad: 2,0 m ³ /h de agua dulce.			
Filtro de pH			
Fabricante	Jowa	Tipo	dureza y ajuste de pH
Capacidad: 2,5 m ³ /h.			
Calentador			
Fabricante	Termojet	Tipo	vapor y resistencia eléctrica
Capacidad: 0,8 m ³ /h			

1.7. ANÁLISIS DE SOLUCIONES

1.7.1. MÉTODOS DE DESINFECCIÓN

La desinfección del agua se puede realizar mediante dos vías: por el uso de agentes químicos o por medios físicos.

Cada cual tiene sus pros y contras y se optara por usar el tratamiento que mejor se adapte a las circunstancias.

Tabla 4 *Sistemas y métodos de desinfección químicos y físicos*

Fuente: Rocha, E. (2010)

<i>Métodos químicos</i>	<i>Comentarios</i>	<i>Ejemplos</i>
Cloro y sus derivados	Los mas empleados, tiene efecto residual	Compuestos de cloro, cloro gaseoso, dióxido de cloro
Bromo y derivados	Ocasionalmente se emplea	Bromo, óxidos de bromo
Yodo y derivados	Raras veces empleado	Yodo, hipoyodatos, yodatos
Peroxido de hidrogeno	Es una opción a la desinfección con cloro	Peroxido de hidrógeno
Sales metálicas	Se emplea para desinfectar alimentos, raras veces para desinfección de agua	Cobre, plata
Ácidos y Alcalis	Se emplea en procesos tales como proceso cal/soda ash y en reciclado de aguas	Cal, hidróxido de sodio, ácido sulfúrico, ácido clorhídrico
Ozono	Después de la cloración es el método de desinfección mas frecuentemente empleado	gas ozono generado in situ
<i>Métodos Físicos</i>	<i>Comentarios</i>	
Radiación Ultravioleta	Producida por lámparas que emiten radiación con una frecuencia de 254 nm	
Calor	Sistema muy empleado en procesos de pasteurización o en desinfección casera	
Radiación gamma	Solo se emplea para esterilización de equipo, no para desinfección de aguas.	

1.7.2. DESINFECCIÓN POR CLORO Y DERIVADOS

El cloro y sus derivados son los agentes desinfectantes que más se llevan empleando en el mundo. Los compuestos más usados son: el cloro gas, el hipoclorito de sodio, el hipoclorito de calcio o compuestos organoclorados. Todos ellos productos reaccionan en el agua generándose ácido hipocloroso HClO y el ión hipoclorito ClO⁻, su efectividad depende de la cantidad compuesto clorados que se formen al estar en solución acuosa.

El cloro tiene un alto poder oxidante, esto causa daños irreversibles al entrar en contacto con las células, provocando la modificación y destrucción de la pared celular y el ADN de los microorganismos impidiendo su reproducción.

Es un sistema de cloración es un sistema algo arcaico pues consta de un depósito en el que se tiene el agente, como hipoclorito, y de una bomba dosificadora de membrana que realiza el dosaje del reactivo directamente al tanque de almacenamiento del agua para tratarla.



Figura 3 Tanque dosage cloro
Fuente: <http://www.hidroagua.com.mx/>

Según se publica en la página de wikiwater, (2017) los autores hacen mención a las siguientes ventajas y desventajas.

Ventajas

- ✓ El tratamiento es rápido y poco costoso, y su puesta en práctica, relativamente sencilla. Hay una interesante variedad de posibilidades.
- ✓ Normalmente, el agua tratada por cloración está protegida frente a microorganismos y gérmenes durante unos días.

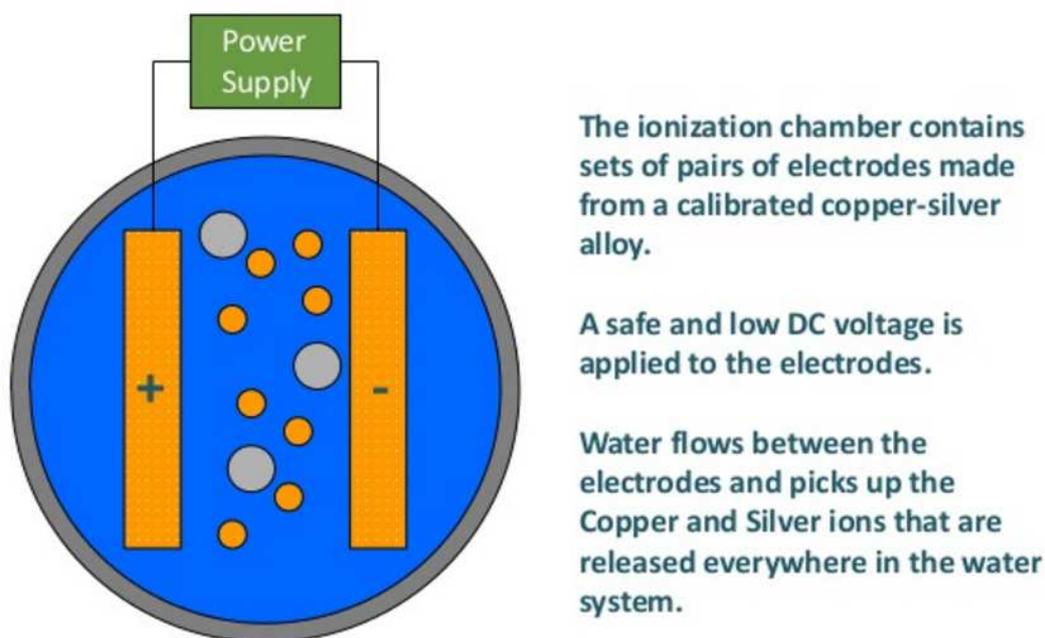
Desventajas

- ✓ La fiabilidad de estos tratamientos es buena, pero puede fallar.
- ✓ Tratar cantidades grandes de agua resulta difícil.
- ✓ La dosis de cloro no es siempre fácil de determinar.
- ✓ La cloración del agua puede crear subproductos (compuestos organoclorados) considerados nocivos desde el punto de vista sanitario.

1.7.3. DESINFECCIÓN POR IONIZACIÓN

La Desinfección por ionización es otro tratamiento químico que se puede realizar al agua. Este sistema se basa en que los iones de cobre cargados positivamente (Cu^{2+}) buscan partículas con polaridad opuesta, como pueden ser bacterias y virus. Los iones de cobre producen daño o interrupción en la permeabilidad de la pared celular.

A su vez los iones de cobre penetran en la pared celular permitiendo la entrada de iones de plata (Ag^+). Los iones de plata penetran en el núcleo de los microorganismos, uniéndose a varias partes de la célula haciendo que el funcionamiento del sistemas celulares no sea el debido. Como resultado no se impide la multiplicación y desarrollo de mas microorganismo y provocando su muerte. Los iones se mantienen activos hasta que son absorbidos por un microorganismo.



www.h2obiotech.com

Figura 4 Esquema funcionamiento Ionización cobre-plata

Fuente: <http://www.h2obiotech.com/en/>

Este método tiene las siguientes limitaciones:

- No es totalmente efectivo para eliminar virus.
- El efecto tóxico de los iones de plata libres limita su aplicación.
- La materia coloidal suspendida, los cloruros y el amoníaco interfieren la efectividad del ionplata.
- La eficiencia se controla mediante la determinación de la calidad bacteriológica del agua y no por el control de la concentración del desinfectante.
- Requiere un prolongado tiempo de contacto.

1.7.4. DESINFECCIÓN CON OZONO

Tejero et al, (2017) en su publicación de apuntes de la asignatura de Ingeniería ambiental y sanitaria, tratan sobre este tipo de desinfección. Definen el ozono (O_3) como una forma alotrópica e inestable del oxígeno que se produce al someter un flujo de aire (u oxígeno) seco a una fuerte descarga eléctrica, a temperaturas bajas. El O_3 es un gas azul y altamente tóxico con olor picante. Como es un fuerte agente oxidante resulta eficaz como desinfectante. Solo es ligeramente soluble en agua, y esto unido a su inestabilidad (muy rápidamente intenta volver a formar O_2), hace que sea difícil dejar o mantener ozono residual en el agua.



Ozone generator

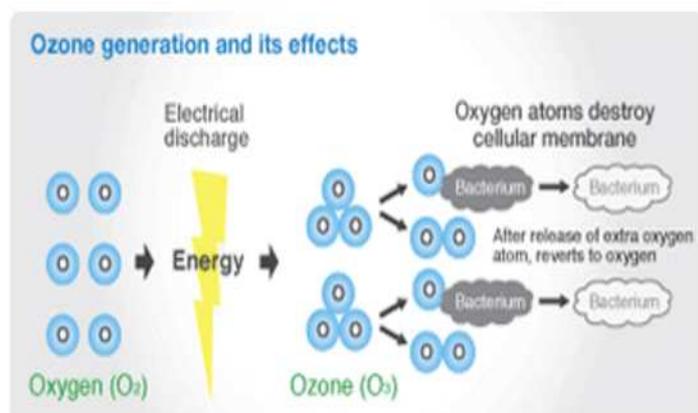


Figura 5 Generador de Ozono.

Fuente: <http://www.mitsubishielectric.es/>.

Por su fuerte carácter oxidante, es útil, además, para la eliminación de olor, sabor, materia orgánica, hierro, manganeso, derivados fenólicos, etc.

El ozono no genera productos residuales extraños, ni olores ni sabores, pero es caro, al consumirse gran cantidad de energía en su producción.

Otro inconveniente importante es que no deja residual, por lo que habrá que clorar para asegurar la calidad del agua potable.

1.7.5. DESINFECCIÓN RADIACIÓN ULTRAVIOLETA

La esterilización por ultravioleta, no elimina los microorganismos por vía química, como lo hacen otros desinfectantes, sino que mediante la absorción de luz, origina una reacción física que altera los compuestos moleculares esenciales en la función celular.

La principal ventaja de usar este tipo de radiaciones en la desinfección del agua es su bajo coste de inversión y operación, al no emplear productos químicos no generar subproductos ni origina sabores ni olores, a si cómo es posible sus uso con otros equipos complementarios de desinfección. Otra ventaja es no necesitar tanques de mezcla o de contacto. El problema que presenta es que no produce una desinfección residual a lo largo de la red de suministro, esta es la desventaja de las radiaciones UV si se emplearan como un único desinfectante.

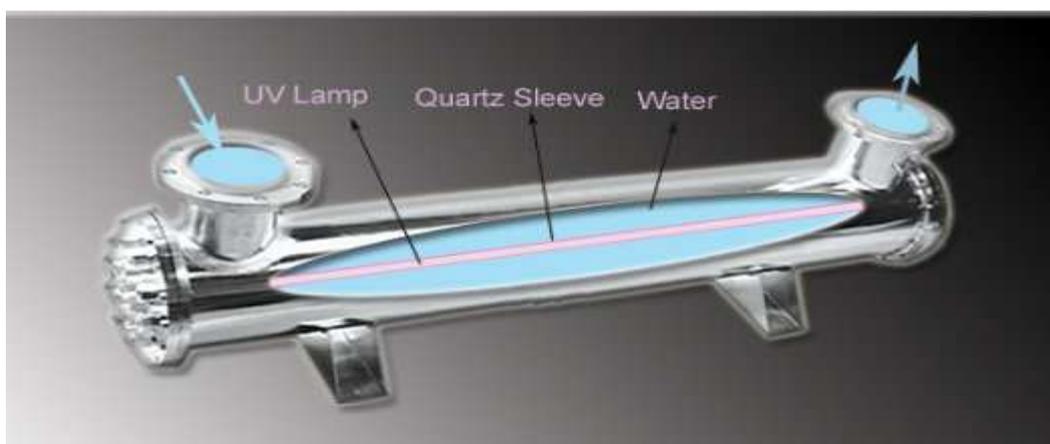


Figura 6 Lámpara Ultravioleta
Fuente: <http://www.hitechuv.com>

El uso de UV elimina la necesidad de transportar, almacenar y manipular productos químicos peligrosos. A diferencia de algunos desinfectantes químicos, las tasas de inactivación microbiana por UV no dependen del pH ni de la temperatura.

Por las razones expuestas anteriormente citadas y por ser un sistema que puede ser compatible con otros procesos de tratamiento de agua, como por ejemplo el intercambio iónico que es un sistema que ya está instalado en el buque, se decantara por este sistema para ser instalado en el barco.

1.8. RESULTADOS FINALES

Después del estudio de los tratamientos existentes se elige la desinfección por ultravioleta debido a es un tratamiento que no deja ningún subproducto en el agua después de su tratamiento, así como que puede ser combinado con otros sistemas para mejorar la esterilización del agua potable.

1.8.1. INTRODUCCIÓN A LA DESINFECCIÓN POR ULTRAVIOLETA

La luz ultravioleta realiza una desinfección rápida y eficaz de los microorganismos o patógenos mediante un proceso físico. Las bacterias y virus y al ser expuestas a las longitudes de onda de la luz ultravioleta, se vuelven incapaces de reproducirse e infectar.

1.8.2. ¿QUÉ ES LA LUZ ULTRAVIOLETA (UV)?

La luz ultravioleta (UV) es una forma de luz invisible al ojo humano. Ocupa la porción del espectro electromagnético situada entre los rayos X y la luz visible. Dependiendo de la longitud de onda se distinguen varios subtipos, siendo el tipo "C" el usado en los equipos.

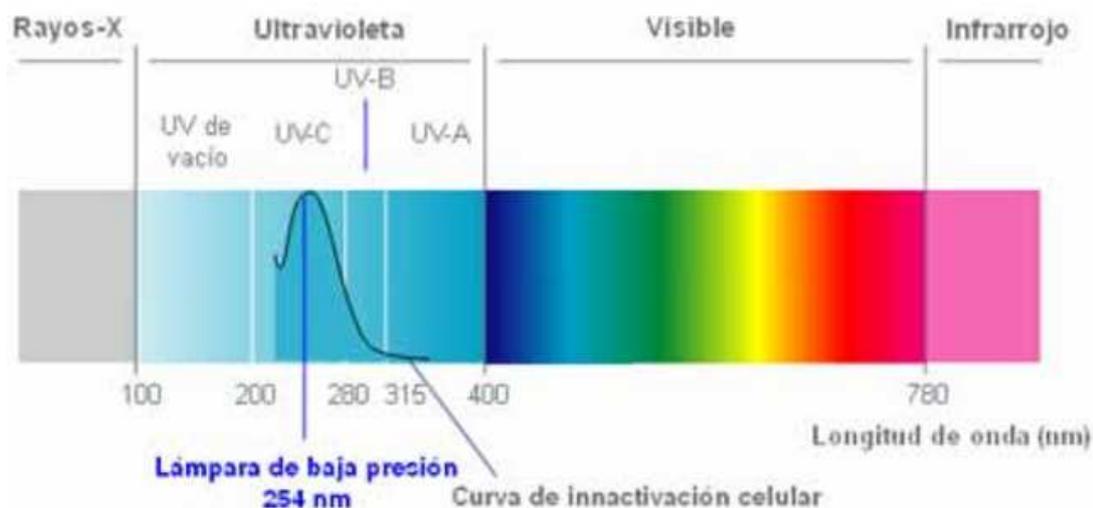


Figura 7 Espectro de luz

Fuente: <http://www.xylemwatersolutions.com/>

1.8.3. EQUIPOS

La luz ultravioleta es producida por lámparas de vapor de mercurio de alta y baja presión, se asemejan a las lámparas fluorescentes. Por tanto su fabricación es realizada por las grandes empresas que fabrican las lámparas fluorescentes estándar. Por lo cual las lámparas, transformadores y/o los cebadores para los equipos ultravioletas pueden comprarse en tiendas comerciales, salvo que tengan dimensiones excepcionales.

El poder de desinfección, viene dado por el producto de la intensidad entre la superficie de incidencia multiplicado por el tiempo de exposición del agua en la cámara de desinfección. Este producto, llamado también dosis, se expresa en micro vatios segundo por centímetro cuadrado ($\mu\text{W seg}/\text{cm}^2$).

$$Dosis = \frac{\text{Salida en vatios}}{\text{area}} * tiempo$$

Las lámparas tienen una vida de funcionamiento entorno a las 10.000 horas, pero generalmente se realiza una sustitución después de que han perdido un 25% a 30% de su efectividad. Esto significa que pueden llegar a tener una vida útil de nueve meses a un año de trabajo sin interrupción.

Las lámparas de mercurio a baja presión que producen una longitud de onda de luz ultravioleta cerca de 254 nm, siendo la máxima eficiencia germicida a los 260 nm. El rango de funcionamiento que se logra en los equipos comprende una longitud de onda de luz entre los 240 nm a 28 nm.

El funcionamiento de la lámpara ultravioleta es sencillo: el cuerpo es un tubo hecho de cuarzo o sílice, un arco eléctrico golpea una mezcla de vapor de mercurio y argón que hay en el interior. Cuando la corriente eléctrica golpea la mezcla, el argón no participa, ya que su función es solo ayudar a arrancar la lámpara, extender la vida del electrodo y reducir las pérdidas, pero las moléculas del mercurio se excitan y cuando los electrones de las órbitas externas descienden a órbitas de menor nivel energético, emiten la energía sobrante en forma de radiación ultravioleta.

Los cebadores tienen la misión de producir una descarga fuerte que genera la primera ionización del gas. Establecen un cortocircuito sobre la lámpara, que precalienta los electrodos, interrumpe luego bruscamente la corriente, lo que origina en la reactancia inductiva del transformador un pico de alta tensión que inicia el arco. Los transformadores fijan la corriente de operación (y por consiguiente la tensión) de la lámpara, presentan una alta impedancia hacia la red en el momento de arranque y producen una resistencia óhmica baja, de manera que las pérdidas de potencia (calor generado) sean mínimas. En una palabra, el balasto es un elemento que ordena el flujo de electrones dentro del tubo.

Existen dos tipos de cámaras en los equipos de radiación ultravioleta. Equipos con las lámparas sumergidas en el agua y las que no están en contacto con el agua. Los equipos con lámparas sumergidas, debe tener un revestimiento que aísla la lámpara del contacto con el agua, esto se consigue mediante un tubo de cuarzo que es un material transparente a los rayos. Solo el cuarzo presenta esta característica, y de los plásticos, solo el PTFE (Teflón) es parcialmente transmisible.

Un sistema moderno de desinfección ultravioleta puede incluir lo siguiente:

- Una cámara de exposición de material anticorrosivo, el cual alberga el sistema.
- Lámparas ultravioleta.
- Limpiadores mecánicos, limpiadores ultrasónicos u otros mecanismos de auto limpieza.
- Sensores conectados a sistemas de alarma para el monitoreo de la intensidad de la luz ultravioleta.
- Interruptor de velocidad en caso de que se presenten velocidades de flujo altas o bajas, intensidades altas o bajas o temperaturas anormales en los componentes del sistema.
- Monitores de lámpara apagada.
- Transformador eléctricos.

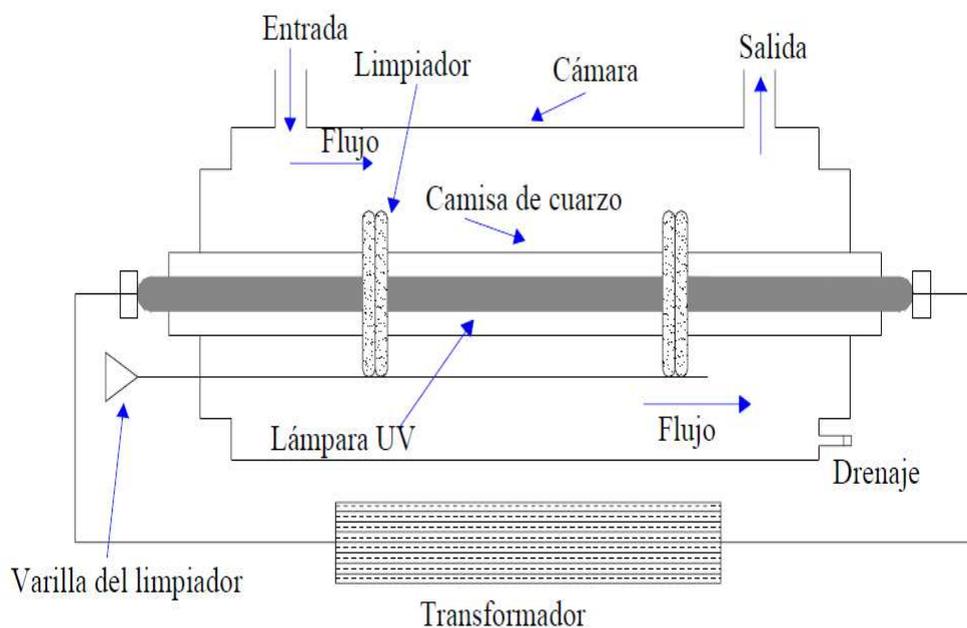


Figura 8 Esquema instalación lámpara sumergida.

Fuente: Solsona, F.P & Méndez, J.P., (2002).

1.8.4. INSTALACIÓN Y REQUERIMIENTOS

La instalación del equipo ultravioleta típico se muestra en la figura 8. Los antiguos sistemas era difícil de mantener las lámparas o las camisas limpias, debido a el agua va produciendo unos depósitos decarbonato de calcio, sedimentos, materiales orgánicos o hierro, que reducían la eficiencia germicida del equipo. Ahora casi todos los equipos tienen limpiadores de tubos que minimizan este problema.

La calidad del agua va en función de la energía eléctrica. Por tanto se necesita que la fuente de energía sea lo más constante y fiable en todo momento para obtener un buena desinfección. El consumo varía en función de la cantidad de agua a tratar y del equipo a usar.

Los tanques en los que va la luz ultravioleta pueden llegar a ser bastante pequeño porque el tiempo necesario de contacto/exposición es muy breve. A su vez los equipos no ocupan grandes espacios, se recomienda dejar un espacio adecuado para realizar operaciones de mantenimiento como puede ser la de cambiar las lámparas.

1.8.5. OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

Los requerimientos en cuanto a operación y mantenimiento de los sistemas de desinfección ultravioleta son mínimos, pero cruciales para un rendimiento adecuado. Es preciso asegurar que los tubos de cuarzo o la tubería de teflón estén limpios de sedimentos u otros depósitos que atenúen la radiación. El mantenimiento normalmente es la limpieza de las lámparas que se realiza a mano una vez al mes como mínimo y en circunstancias excepcionales, dos o tres veces por semana.

Las lámparas se tienen que cambiar para certificar que al menos se obtienen $30.000 \mu\text{W seg}/\text{cm}^2$ de área de exposición en todo momento. Esta cifra puede cambiar de un modelo de lámpara a otra, pero en general están diseñadas para funcionar con esa especificación hasta que su intensidad disminuya por debajo del 70% de su potencia nominal. En aguas muy frías las lámparas pueden tener que cambiarse con una mayor frecuencia.

Como la luz ultravioleta no realiza una desinfección residual, es indispensable tener otro sistema complementario que si realice una desinfección residual o bien haber sido tratado el agua con un agente químico anteriormente antes de activar por primera vez una unidad de desinfección ultravioleta. Si hay alguna contaminación externa en la red de agua potable debido a un retorno o a una conexión cruzada, también habrá que remediarla y desinfectarla químicamente antes de ponerlo a funcionar, si es el único sistema que está en funcionamiento.

1.8.6.MONITOREO

La única manera de determinar la eficiencia germicida de la desinfección por radiación ultravioleta es mediante la realización de análisis del agua tratada para determinar el contenido de microorganismos. Con un sensor fotoeléctrico también se puede medir la intensidad de exposición de uno o varios puntos estratégicos dentro de la cámara, pero esto no significa que todos los microorganismos han recibido una la dosis de luz ultravioleta necesaria para su inactivación o muerte. En todo caso, este tipo de análisis debe ser continuo y la dosis debe ser adecuada para garantizar unas condiciones óptimas de calidad y flujo del agua.

Los equipos necesitan cierto nivel de automatización y de un sistema de monitoreo, en los que sensores indiquen visualmente si existen los niveles de luz ultravioleta necesarios para lograr la desinfección correcta.

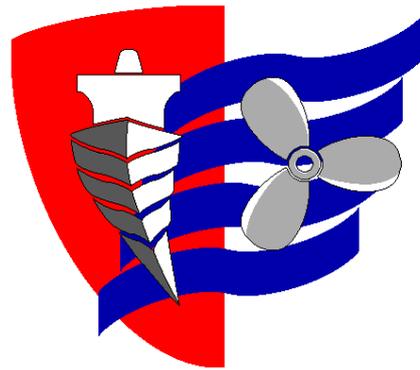
En redes de agua constantes el sistema de control debe estar programado para que las lámparas ultravioletas tengan un calentamiento de al menos cinco minutos antes de empezar el tratamiento del agua. Sin embargo en los sistemas que tratan redes de flujos variables, el sistema de control debe poder encender y apagar lámparas para poder alcanzar la dosis necesaria en función al flujo.

Es recomendable tener un sensor que realice una parada automática del flujo de agua en el momento que el sistema ultravioleta no esté trabajando en los rangos de dosificación adecuada para la desinfección.

1.9. PLANIFICACIÓN

Este proyecto será planificado y se preverá ser realizado en la próxima varada del buque para reparar.

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**



ANEXOS

2. ANEXOS

2.1. REQUISITOS SANITARIOS AGUA POTABLE

La calidad del agua potable debe ser tal que su consumo y uso no afecte a la salud humana, en particular en lo que concierne a los microorganismos patógenos; es decir, el agua potable:

- debe estar libre de microorganismos patógenos.
- debe ser lo más estéril posible.
- debería ser aceptable al paladar (debe ser incolora, clara, fría, inodora y aceptable con respecto al gusto).
- puede contener solamente trazas de minerales disueltos.

Por lo que concierne a las consideraciones de salud, las características del agua potable deben cumplir los reglamentos para el agua potable establecidos por los organismos gubernamentales nacionales autorizados.

Protección del agua potable, mantenimiento de la calidad del agua potable

Los sistemas de suministro de agua potable deben disponer de medios para esterilizar el agua almacenada a bordo durante un largo período de tiempo.

No está permitido conectar las líneas de agua potable a las líneas o instalaciones que lleven agua que no sea potable (por ejemplo líneas de enfriadores de agua dulce); debe ser higiénicamente posible la separación entre estas líneas.

Se deben asegurar por medio de dispositivos de protección los puntos de distribución de agua potable en los que sea posible un retorno de flujo.

Cualquier material, material auxiliar o recubrimiento protector utilizado debe ser seguro desde un punto de vista higiénico y fisiológico, y debe ser suficientemente resistente contra cualquier carga física, química o corrosiva que se pueda esperar. No debe liberar ninguna sustancia que pueda afectar a la digestibilidad, gusto, olor y color del agua potable. Cuando se tengan

que aplicar, los recubrimientos deben cumplir los requisitos de las autoridades nacionales.

Los componentes presurizados no deben verse afectados negativamente por temperaturas del agua de hasta 90°C. Para los dispositivos de servicio la temperatura máxima es de 70°C.

La corrosión interna se debe evitar en la medida de lo posible seleccionando y utilizando materiales adecuados para el agua potable (fría o caliente) y que sean compatibles entre ellos.

Los colchones de aire a presión que estén directamente en contacto con la superficie del agua dentro de un depósito presurizado no deben perjudicar la calidad del agua potable.

Los plásticos y otros materiales no metálicos deben estar de acuerdo con los requisitos y recomendaciones sobre la idoneidad de estos materiales para el agua potable, establecidos por los cuerpos nacionales autorizados.

2.2. DATOS BÁSICOS PARA EL CÁLCULO

Disponemos de un buque LNG con una tripulación de 28 miembros, con una unidad de aseo estándar por cada camarote.

Para obtener el agua dulce, se disponen dos evaporadores que generan 30m³ de agua dulce cada uno por día. Estos suministran a dos tanques de agua potable uno de 279,4 m³ y otro de 258,6 m³

Estos tanques suministran el agua dulce mediante dos bombas al tanque hidróforo. El sistema hidróforo suministra el agua a los puntos de consumo, pero antes de llegar a estos, este agua tiene que pasar por un filtro y por la planta de esterilización UV, y después de esto, se suministra directamente en el caso del agua fría o se hace pasar por el calentador para obtener agua caliente. El sistema de agua caliente, al disponer de tubería de retorno dispone de dos bombas de circulación que vuelven a hacer pasar el agua no consumida por el calentador.

El buque dispone de diez cubiertas para suministrar agua dulce. En cada cubierta existen diferentes puntos de consumo. Salvo en las cubiertas 1 y 2 las cuales no poseen ningún punto al que se le tenga que suministrar agua potable. La red de tuberías se compone de dos conductos separados, uno para el agua fría y otro para el caliente.

La red de agua fría consiste en una tubería central vertical que asciende hasta la última cubierta de habilitación.

La red de agua caliente consiste en un circuito de tuberías con retorno. El agua fría es calentada mediante un calentador e impulsada mediante dos bombas de circulación. El sistema consiste en una tubería central que asciende hasta la última cubierta de habilitación y retorna al punto de salida.

Esta tubería se distribuye en cuatro ramas con retorno que dan suministro a los puntos de consumo, alimentando cada rama a dos cubiertas.

2.3. TÉRMINOS Y CONDICIONES

El equipo ultravioleta que se va a instalar tiene que hacerse de acuerdo con las normas ISO 15748, esta norma está titulada como “Embarcaciones y tecnología marina – Suministro de agua potable en buques y estructuras marinas”.

De este modo, siguiendo la norma obtendremos los requisitos de capacidad de almacenamiento de agua potable a bordo y los requisitos sanitarios que el agua dulce debe cumplir.

Para la realización de los cálculos se supondrán unas velocidades máximas de flujo por las tuberías proporcionado por la norma ISO15748-2, estas velocidades son las siguientes:

- Sala de máquinas y troncos de máquinas: 2.5 m/s
- Espacios públicos: 2 m/s
- Cubiertas: 1.4 m/s

- Hospital y cercanías: 1 m/s
- Líneas de aspiración de las bombas: 1 m/s
- Líneas de circulación: 0.5 m/s

2.4. DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DE AGUA REQUERIDA

De acuerdo con las tablas de consumo de agua facilitadas por la norma ISO 15748-2 y sabiendo que el buque está equipado con aseos de gravedad, se obtiene el siguiente gasto de agua por tripulante al día.

Tabla 5 Consumo de agua según norma ISO 15748-2.

Fuente: Norma UNE ISO 15748-2, (2003)

Punto de servicio	Consumo (L)	Frecuencia	Consumo agua fría (L/Día)	Consumo agua caliente (L/Día)	Total (L/Día)
Lavabo de pared	2	x6	5	7	12
Plato de ducha	60	x2	50	70	160
Retrete de vacío	1,2	x6	8	-	8
Zona de cocina	-	-	8	12	20
Lavandería	-	-	15	23	38
Limpieza	-	-	2	3	5

Según la estimación de esta tabla cada tripulante consume 220 litros de agua al día. Como el buque puede llegar a tener una tripulación de 28 miembros, el gasto de agua diario será de unos 6200 litros al día, es decir alrededor de unos 6.5 metros cúbicos.

Por lo tanto con los tanques totalmente llenos el buque tendría una autonomía de agua de 80 días aproximadamente, no obstante esta agua también se destina a otros usos aparte del servicio de agua caliente y agua fría.

Estos otros usos son:

- Servicios de cubierta
- Sistemas de dosage de químicas
- Servicios en la sala de máquinas
- Sistema de espuma contra incendios
- “Cascade Tank”
- Limpieza del generador de gas inerte
- Funcionamiento de las purificadoras de aceite
- Tanques de expansión
- Limpieza de los turbocompresores
- Separador de sentinas
- Separador de lodos
- Sistema contra incendios
- Gamuza de basuras

Es por ello que es complicado hacer una estimación del gasto total de agua al día, ya que su consumo puede ser muy variable. Teniendo que ser reportado este dato así como el almacenaje del agua en los tanques todos los días.

2.5. CÁLCULOS

2.5.1. MÉTODODECÁLCULO DE LA DISTRIBUCIÓN

La parte de las tuberías que pasan por la habilitación, deben de tener una velocidad máxima del flujo por tuberías de 1.4 m/s, de acuerdo con la norma ISO 15748-2.

Las bombas encargadas de suministrar el agua son las dos bombas del tanque hidrófobo, estas trabajan a una presión de 6 bar y envían un caudal de $7.5m^3/h$ cada una. Sin embargo el caudal enviado a la red de agua sanitaria es de $5 m^3/h$, el resto se destina a los otros usos que requieren de agua dulce.

A la hora de realizar los cálculos se admitirá que existe una demanda de agua caliente y agua fría en todas las cubiertas, con esto conoceremos si el sistema es capaz de proveer al buque en una situación de alta demanda.

El tanque hidróforo almacena el agua fría donde se mantiene a una presión de entorno a los 6 bar la cual se mantiene gracias al aire comprimido por encima del nivel de agua del mismo, desde aquí se dirige al esterilizador UV donde se produce una caída de presión de 0.1 bar, a continuación el flujo se dirige a la acomodación para su distribución.

A partir de aquí el flujo se ramifica en dos caminos, uno para el suministro de agua fría, y el otro hacia el calentador para el abastecimiento de agua caliente. En ambos circuitos la presión es la misma, pero el caudal se divide de forma que el circuito de agua fría tiene un caudal de $3 m^3/h$ y el caudal de agua caliente sera de $2 m^3/h$.

2.5.2. INSTALACIÓN DE AGUA FRÍA

La instalación de agua fría se entiende que parte desde las bombas del tanque hidróforo hasta todos los consumidores de agua potable de la red del buque. Esto requiere una gran red de tuberías por toda la habilitación.

La tubería sale del esterilizador ultravioleta dirigiéndose por el trunk cable verticalmente hasta la cubierta de navegación. Esta tubería tendrá una longitud de 30 metros.

De las cubiertas tercera a la cubierta sexta, ambas incluidas, saldrá una ramificación de forma circular para cubrir las necesidades de agua dulce de todas las estancias o camarotes. Por cada cubierta se necesitan 85 metros de tubería.

En la cubierta de navegación hay una ramificación de 3 metros para dar servicio al baño que está situado en la cubierta de navegación.

Según la información aportada por los esquemas del fabricante del esterilizador ultravioleta la brida de salida es de 1 1/2" pulgadas de diámetro, la cual convertida al sistema internacional será una brida de 40 mm de diámetro.

Se comprueba que para este diámetro no se sobrepasa la velocidad de 1.4 m/s que marca la norma ISO 15748-2.

Caudal

$$Q = v * S$$

Siendo

- v : velocidad (m/s)
- S: sección $S = \frac{\pi * \phi^2}{4}$ (m^2)

$$v = \frac{Q * 4}{\pi * \phi^2} = \frac{\left(\frac{3}{3600}\right) * 4}{\pi * 0.04^2} = 0.66 \text{ m/s}$$

La velocidad obtenida es inferior a la que recomienda la norma ISO 15748-2.

Sabiendo que la viscosidad cinemática del agua dulce es de $1.15 \times 10^{-6} \text{m}^2/\text{s}$, podemos hallar el número de Reynolds:

$$Re = \frac{v * \phi}{\gamma} = \frac{0.66 * 0.04}{1.15 * 10^{-6}} = 22956$$

Mediante el coeficiente de rugosidad absoluto del acero galvanico, que es de 0.0046 mm, obtenemos la rugosidad relativa:

$$Rug = \frac{\varepsilon}{\phi} = \frac{0.0046}{40} = 0.000115$$

Ahora con los datos de Reynolds y la rugosidad relativa entramos al diagrama de Moody para obtener el coeficiente de fricción:

$$f = 0.027$$

Longitud equivalente de accesorios:

- 30 metros de tubería vertical.
- 343 metros de tubería horizontal.
- 10 curvas a 90° con una longitud equivalente de 0.5 metros.
- 7 conexiones en "T" con una longitud equivalente de 2.4 metros.
- 7 válvulas de globo anti retorno con una longitud equivalente de 12 metros.

Aplicamos ahora la fórmula de Darcy-Weisbach para obtener las pérdidas de carga de la instalación de agua fría.

$$H = \frac{f * l * v^2}{\phi * 2 * g}$$

Donde:

- f es el factor de fricción
- l la longitud equivalente
- v es la velocidad del fluido
- \emptyset es el diametro de la tubería
- g es la gravedad

$$H = \frac{0.027 * (30 + 343 + 10 * 0.5 + 7 * 2.4 + 7 * 12) * 0.66^2}{0.04 * 2 * 9.8}$$
$$= 7.18 \text{ m.c.a}$$

Estos 7.13 *m.c.a* equivalen a unas pérdidas de presión de 0.7 bar. Esta caída de presión obtenida se le debe sumar la del esterilizador que eran 0.1 bar.

Esto nos da como resultado una presión de 5.2 bar en el peor de los casos

2.5.3. INSTALACIÓN DE AGUA CALIENTE

El sistema de agua caliente comienza en la salida del esterilizador ultravioleta, el agua es introducida en el calentador y se bombea hacia la acomodación. Este circuito va paralelo al de agua fría, pero en este caso el agua tiene un circuito de retorno.

Las tuberías en este caso también van a ser de 40mm de diámetro, ya que esta es la medida que tienen las bridas de entrada y de salida de agua del calentador.

Primero calculamos la velocidad que tendrá el flujo de agua caliente:

$$v = \frac{Q * 4}{\pi * \phi^2} = \frac{\left(\frac{2}{3600}\right) * 4}{\pi * 0.04^2} = 0.44 \text{ m/s}$$

La viscosidad cinemática del agua para una temperatura de 70°C es de $0.413 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$, con esto hallaremos el número de Reynolds

$$Re = \frac{v * \phi}{\gamma} = \frac{0.44 * 0.04}{0.413 * 10^{-6}} = 42615$$

Al usar el mismo material y tipo de tubería que en el caso de las tuberías de agua fría, la rugosidad relativa será la misma.

$$Rug = \frac{\varepsilon}{\phi} = \frac{0.0046}{40} = 1.2 * 10^{-4}$$

Con estos datos ya podemos entrar en el diagrama de Moody para obtener el coeficiente de fricción

$$f = 0.023$$

Longitudes equivalentes de accesorios:

- 20 curvas a 90° con una longitud equivalente de 0.5 metros.
- 7 conexiones en T con una longitud equivalente de 2.4 metros.
- 14 válvulas de globo anti retorno con una longitud equivalente de 12 metros.
- 60 metros de tubería vertical.
- 400 metros de tubería horizontal.

Aplicando la fórmula de Darcy-Weisbach:

$$H = \frac{0.023 * (60 + 400 + 20 * 0.5 + 7 * 2.4 + 14 * 12) * 0.44^2}{0.04 * 2 * 9.8}$$
$$= 3.71 \text{ m.c.a}$$

Las pérdidas son de 3.71 m.c.a. lo que equivale a 0.363 bar. Por lo tanto en el punto más desfavorable de la instalación de agua caliente tendremos una presión de 5.54bar.

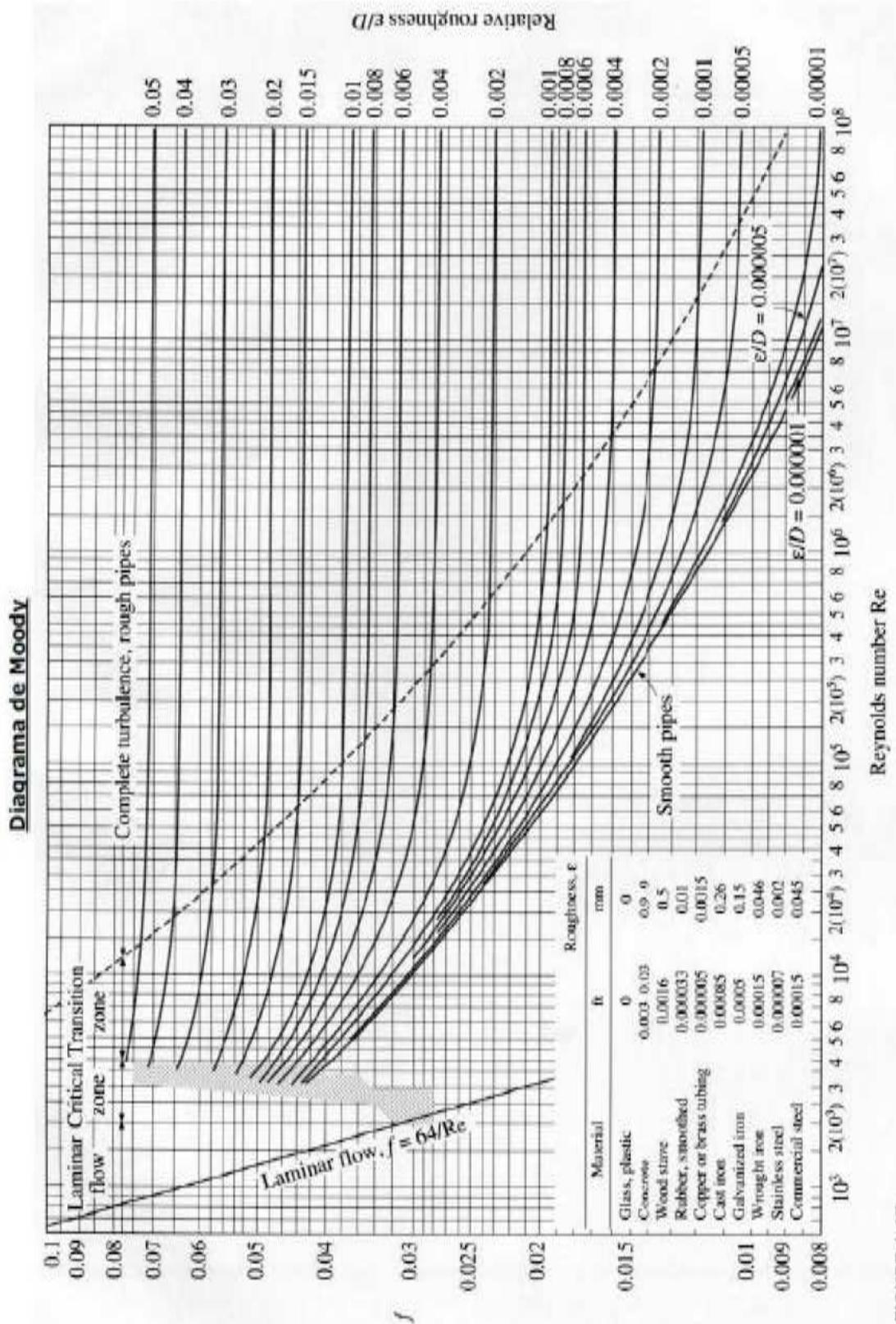


Figura 9 Diagrama de Moody

Fuente: <http://fisica.laguia2000.com>

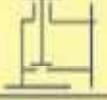
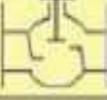
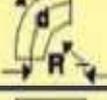
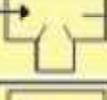
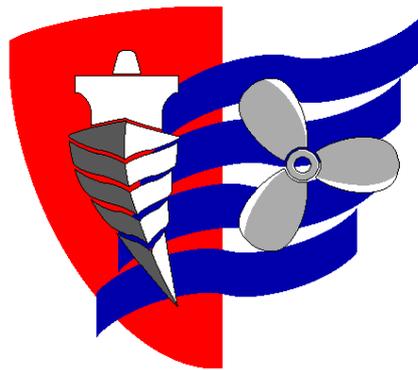
Longitud equivalente de tubería en metros											
Componentes	Diámetro interior de tubería en mm (d)										
	25	40	50	80	100	125	200	250	250	300	400
Válvula de bola abierta 100% 	0.3 6	0.5 8	0.6 10	1.0 16	1.3 20	1.6 25	1.9 30	2.6 40	3.2 50	3.9 60	5.2 80
Válv. diafragma abierta 100% 	1.5	2.5	3.0	4.5	6	8	10	-	-	-	-
Válv. angular abierta 100% 	4	6	7	12	15	18	22	30	36	-	-
Válvula de globo 	7.5	12	15	24	30	36	45	60	-	-	-
Válvula antirretorno de clapeta 	2.0	3.2	4.0	5.4	6.0	10	12	16	20	24	32
Codo R=2d 	0.3	0.5	0.6	1.0	1.2	1.5	1.8	2.4	3.0	3.6	4.8
Codo R=d 	0.4	0.6	0.8	1.3	1.6	2.0	2.4	3.2	4.0	4.8	6.4
Ángulo 90° 	1.5	2.4	3.0	4.5	6.0	7.5	9	12	15	18	24
T, salida en línea 	0.3	0.4	1.0	1.6	2.0	2.5	3	4	5	6	8
T, salida angular 	1.5	2.4	3.0	4.5	6.0	7.5	9	12	15	18	24
Reductor 	0.5	0.7	1.0	2.0	2.6	3.1	3.6	4.8	6.0	7.2	9.6

Figura10 Longitudes equivalentes de accesorios

Fuente: <http://ingemecanica.com>

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



PLANOS

3. PLANOS

Los planos de este proyecto están sacados del manual de instrucciones del buque Castillo Villalba, así como el equipo ultravioleta está obtenido del catálogo de la empresa DOE (2017).

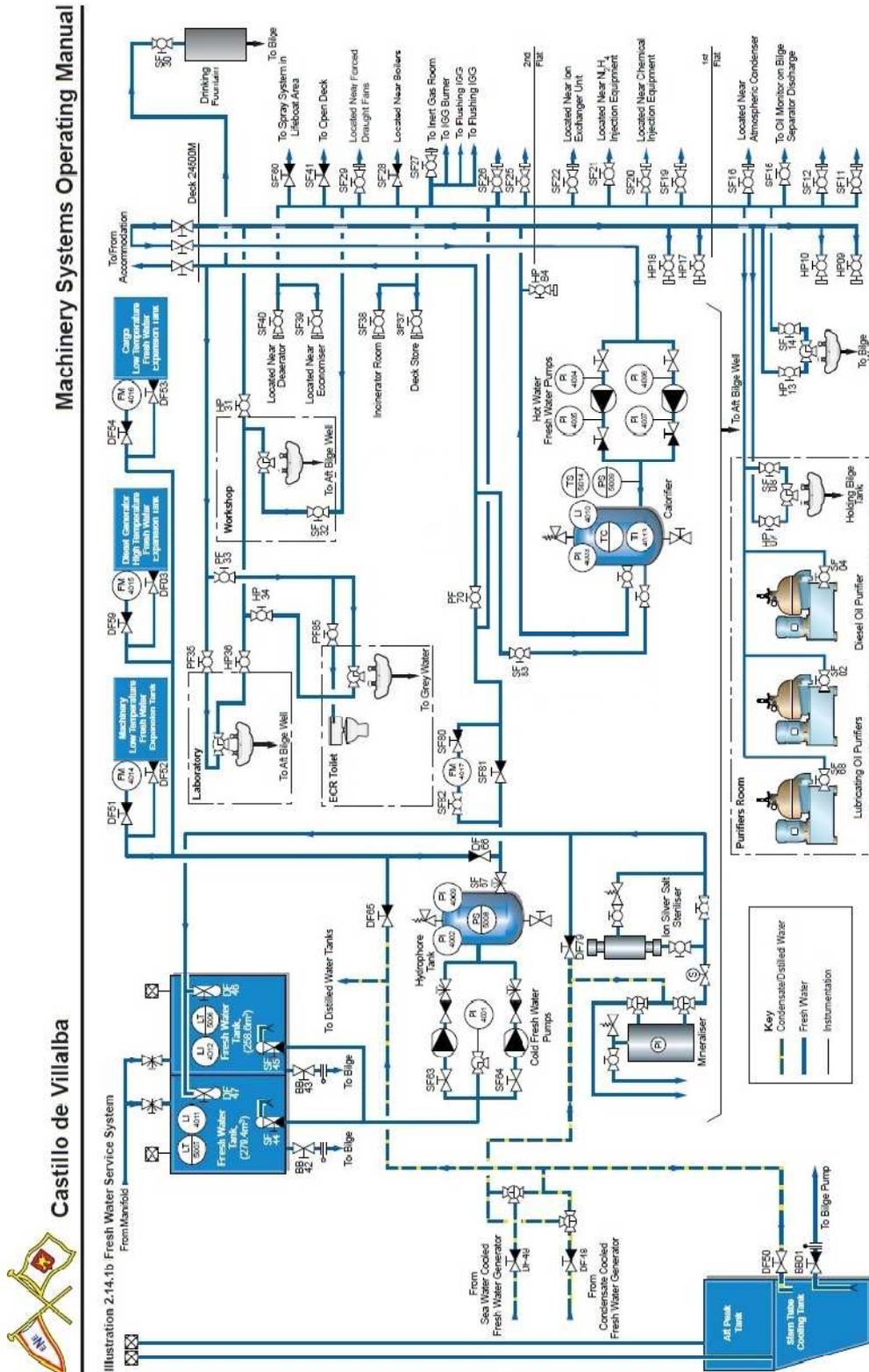
3.1. LISTADO DE PLANOS

A continuación se hace un listado de los planos que se adjuntan en este proyecto para su correcto estudio y realización.

3.1.1. PLANO SISTEMA AGUA SANITARIA

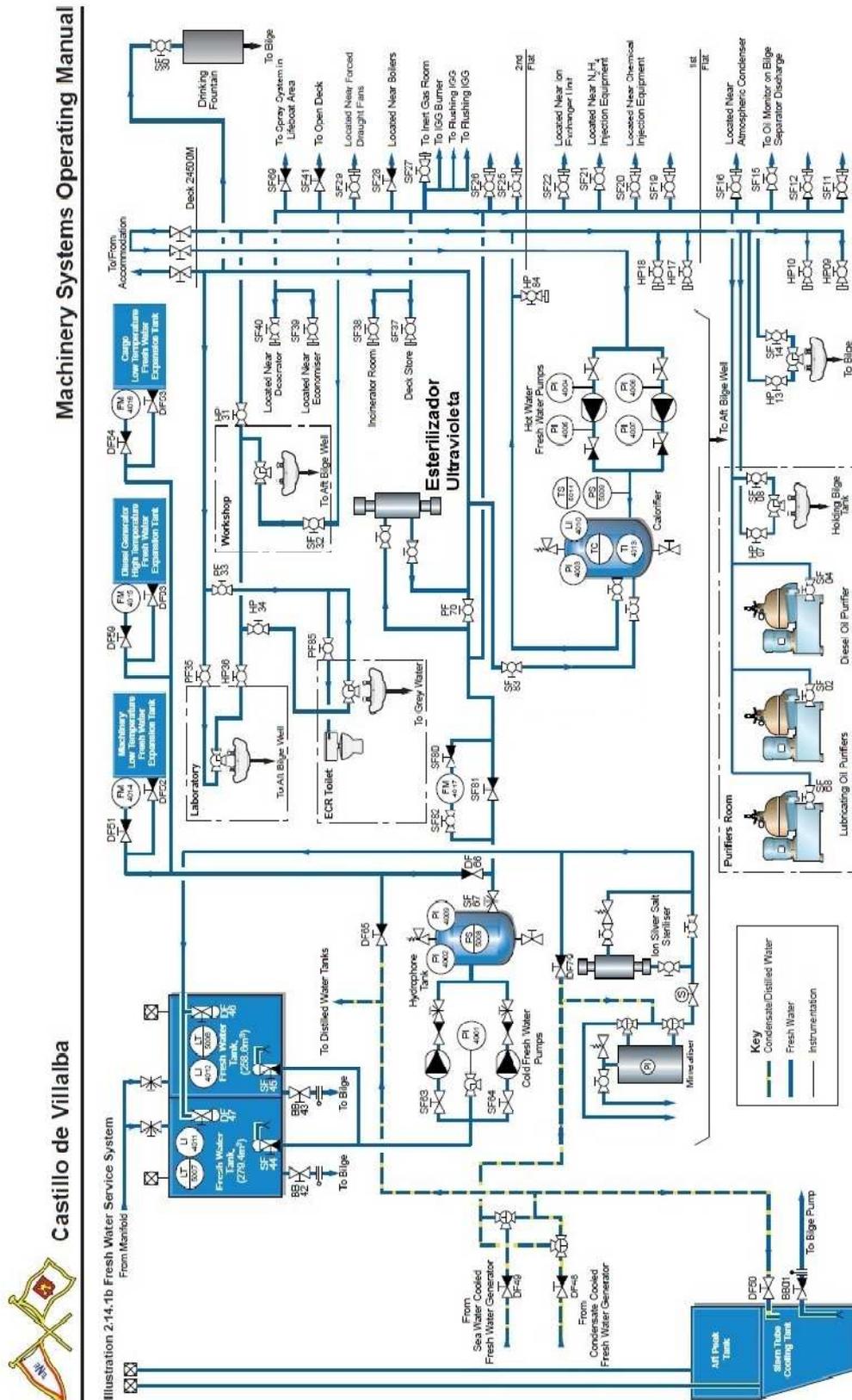
3.1.2. PLANO AGUA SANITARIA CON EQUIPO ULTRAVIOLETA

3.1.3. SISTEMA ULTRAVIOLETA



Plano 1 Sistema Agua Sanitaria

Fuente: Manual operaciones del buque



Plano 2 Sistema agua sanitaria con ultravioleta

Fuente: Propia



Figura 11 Sistema Ultravioleta
Fuente: DOE

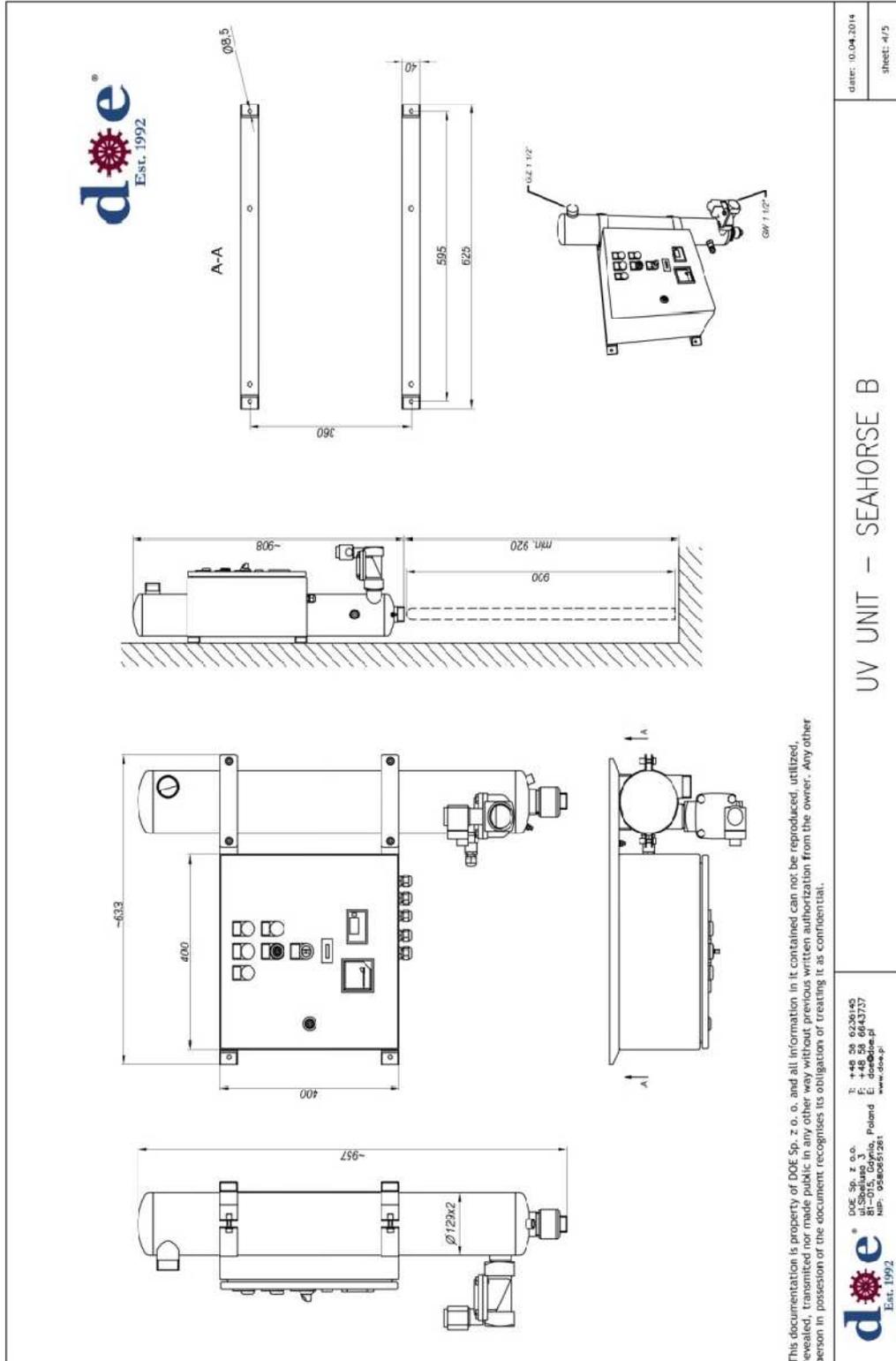
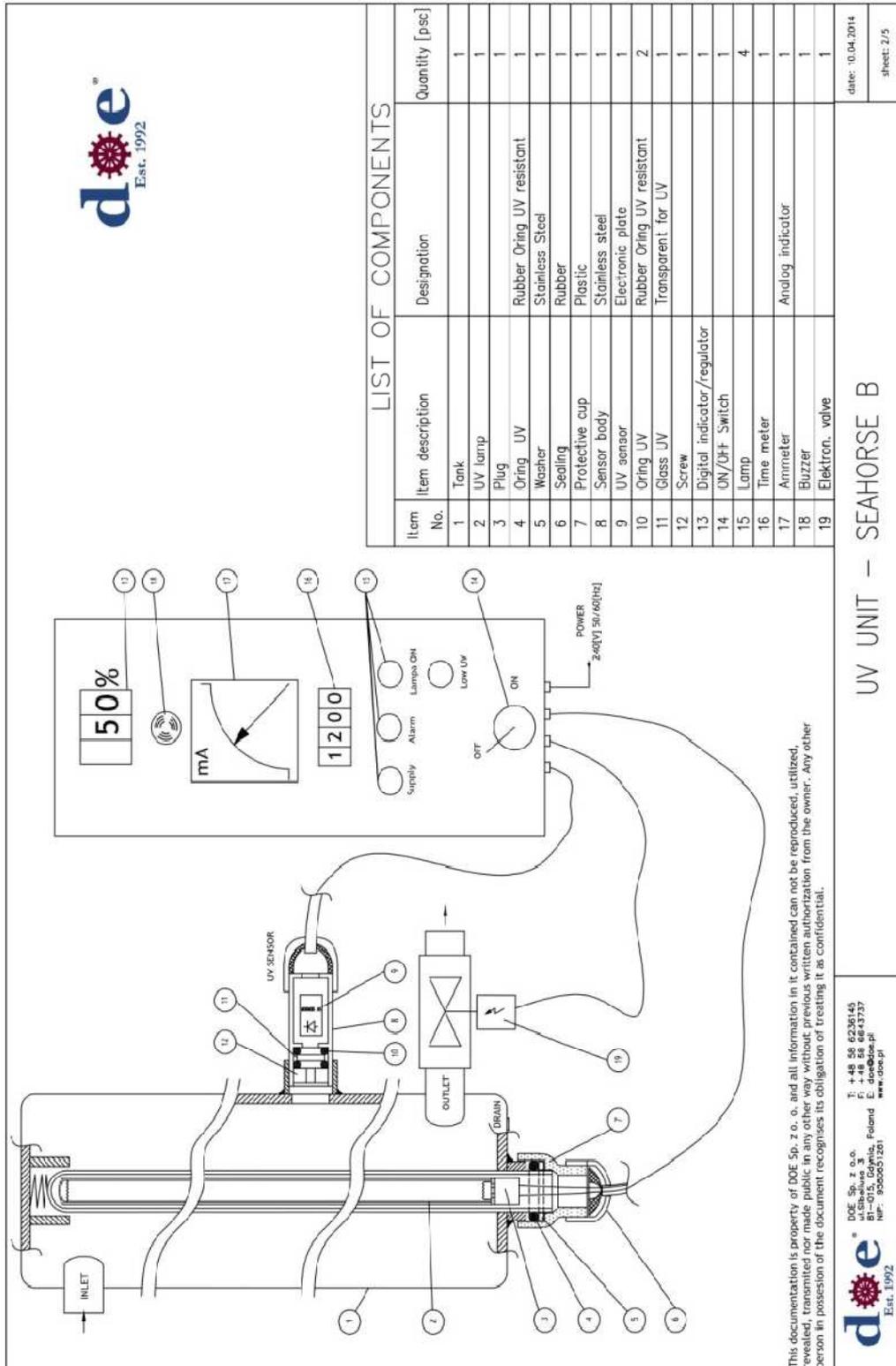


Figura 12 Medidas equipo ultravioleta
Fuente: DOE



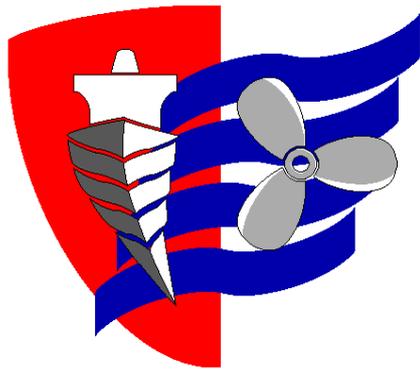
UV UNIT – SEAHORSE B

This documentation is property of DOE Sp. z o.o. and all information in it contained can not be reproduced, utilized, revealed, transmitted nor made public in any other way without previous written authorization from the owner. Any other person in possession of the document recognises its obligation of treating it as confidential.

DOE Sp. z o.o.
ul. Głębokie 3
81-111 Głębokie, Poland
NIP: 1525205120
T: +48 58 6236145
F: +48 58 6643737
E: doe@doe.pl
www.doe.pl

Figura 13 Esquema eléctrico
Fuente: DOE

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**



PLIEGO DE CONDICIONES

TRATAMIENTO AGUA SANITARIA MEDIANTE RADIACIÓN ULTRAVIOLETA EN UN BUQUE LNG	REF: PLIEGO DE CONDICIONES	
	FECHA: 21/06/2017	
	REV:00	PAG: 55/65

4. PLIEGO DE CONDICIONES

4.1. CONDICIONES GENERALES

El presente pliego de condiciones tiene por objeto definir al Astillero, el alcance del trabajo y la ejecución cualitativa del mismo. Determina los requisitos a los que se debe de ajustar la ejecución de la instalación

El Astillero está obligado al cumplimiento de la reglamentación del trabajo correspondiente, la contratación de un seguro obligatorio, seguro de enfermedad y todas aquellas reglamentaciones de carácter social vigentes o que en lo sucesivo se dicten.

El contratista dispondrá a pie de obra de un técnico cualificado, quien ejercerá como Jefe de Obra, controlará y organizará los trabajos objeto del contrato siendo el interlocutor válido frente a la propiedad.

El contratista estará obligado a eliminar adecuadamente y por su cuenta en un vertedero autorizado los desechos que se produzcan durante los trabajos a ejecutar.

Será por cuenta del contratista el suministro, la distribución y el consumo de todas las energías y fluidos provisionales que sean necesarios para el correcto y normal desarrollo de los trabajos objeto de su oferta.

El contratista podrá subcontratar parcialmente las obras contratadas, en todo caso el contratista responderá ante la Dirección Facultativa de Obra y la Propiedad de la labor de sus subcontratistas como si fuese labor propia. Los gastos derivados de la subcontratación correrán a cargo del Astillero.

Todas las unidades de obra se ejecutarán cumpliendo las prescripciones indicadas en los reglamentos de seguridad y normas técnicas de obligado cumplimiento para este tipo de instalación, tanto de ámbito internacional, como nacional o autonómico, así como todas las otras que se establezcan en la memoria descriptiva del mismo.

TRATAMIENTO AGUA SANITARIA MEDIANTE RADIACIÓN ULTRAVIOLETA EN UN BUQUE LNG	REF: PLIEGO DE CONDICIONES	
	FECHA: 21/06/2017	
	REV:00	PAG: 56/65

4.2. MATERIALES

Todos los materiales empleados serán de primera calidad. Cumplirán las especificaciones y tendrán las características indicadas en el proyecto, así como todas las relativas a la conservación de los mismos atendiendo a las particularidades de un medio hostil como es el marino

El director de obra de acuerdo con el Astillero dará su aprobación sobre el material suministrado y confirmará que permite una instalación correcta. La vigilancia y conservación del material suministrado será por cuenta del Astillero.

Correrá por cuenta del contratista el control de Calidad de la obra de acuerdo a la legislación vigente.

Si en cualquier momento durante la ejecución de las obras o durante el periodo de garantía, la Dirección del Proyecto detectase que algún material o unidad de obra no cumple con los requisitos de calidad exigidos, podrá exigir al contratista su demolición y posterior reconstrucción. Todos los costes derivados de estas tareas serán por cuenta del Contratista, quien no tendrá derecho a presentar reclamación alguna por este concepto.

4.3. RESPONSABILIDADES

El Astillero elegido será el responsable de la ejecución de las obras en las condiciones establecidas del proyecto y en el contrato. Como consecuencia de ello, vendrá obligado a la desinstalación de las partes mal ejecutadas y a su reinstalación correcta, sin que sirva de excusa que el Director de Obra haya examinado y reconocido las obras.

El Astillero es el único responsable de todas las contravenciones que se cometan (incluyendo su personal) durante la ejecución de las obras u operaciones relacionadas con las mismas. También es responsable de los accidentes o daños que, por errores, inexperiencia o empleo de métodos inadecuados, se produzcan a la propiedad, a los vecinos o terceros en general.

TRATAMIENTO AGUA SANITARIA MEDIANTE RADIACIÓN ULTRAVIOLETA EN UN BUQUE LNG	REF: PLIEGO DE CONDICIONES	
	FECHA: 21/06/2017	
	REV:00	PAG: 57/65

El Astillero es el único responsable del incumplimiento de las disposiciones vigentes en materia laboral respecto su personal y por lo tanto, de los accidentes que puedan sobrevenir y de los derechos que puedan derivarse de ellos.

Contrato

El contrato se formalizará mediante contrato privado, que podrá elevarse a escritura pública a petición de cualquiera de las partes. Comprenderá la adquisición de todos los materiales, transporte, mano de obra, medios auxiliares para la ejecución de la obra proyectada en el plazo estipulado así como la reconstrucción de las unidades defectuosas, la realización de las obras complementarias y las derivadas de las modificaciones que se introduzcan durante la ejecución, estas últimas en los términos previstos.

La totalidad de los documentos que componen el proyecto técnico de la obra serán incorporados al contrato y tanto el Astillero como el propietario deberán firmarlos en testimonio de que los conocen y aceptan.

Se consideran causas suficientes para la rescisión del contrato las siguientes:

Quiebra del Astillero

Modificación del Proyecto con una alteración de más de un 25% del mismo.

Modificación de las unidades de obra sin autorización previa.

Suspensión de las obras ya iniciadas.

Incumplimiento de las condiciones del contrato cuando fue de mala fe.

Terminación del plazo de ejecución de la obra sin haberse llegado a completar esta.

Actuación de mala fe en la ejecución de los trabajos.

Destajar o subcontratar la totalidad o parte de la obra a terceros sin autorización del Director de Obra y del Propietario.

TRATAMIENTO AGUA SANITARIA MEDIANTE RADIACIÓN ULTRAVIOLETA EN UN BUQUE LNG	REF: PLIEGO DE CONDICIONES	
	FECHA: 21/06/2017	
	REV:00	PAG: 58/65

Penalizaciones

Por retrasos en los plazos de entrega de las obra, se podrán establecer tablas de penalización cuyas cuantías y demoras se fijarán en el contrato.

Estas cuantías podrán, bien ser cobradas a la finalización de las obras, bien ser descontadas de la liquidación final.

Siempre que se rescinda el contrato por las causas anteriormente expuestas, o bien por el acuerdo de ambas partes, se abonarán al Astillero las unidades de obra ejecutadas y los materiales acopiados a pie de obra y que reúnan las condiciones y sean necesarios para la misma.

Cuando se rescinda el contrato, llevará implícito la retención de la fianza para obtener los posibles gastos de conservación, el periodo de garantía y los derivados del mantenimiento hasta la fecha de la nueva adjudicación.

Fianza

En el contrato se establecerá la fianza que el Astillero deberá depositar en garantía del cumplimiento del mismo, o se convendrá una retención sobre los pagos realizados a cuenta de la obra realizada.

De no estipularse la fianza en el contrato, se entiende que se adoptará como garantía una retención del 5% sobre los pagos a cuenta citados.

En el caso de que el Astillero se negase a realizar por su cuenta los trabajos por ultimar la obra en las condiciones contratadas o atender la garantía, la propiedad podrá ordenar ejecutarlas a un tercero, abonando su importe con cargo a la retención o fianza, sin perjuicio de las acciones legales a que tenga derecho la propiedad si el importe de la fianza no bastase.

La fianza retenida se abonará al Astillero en un plazo no superior a treinta días, una vez firmada el acta de recepción definitiva de la obra.

TRATAMIENTO AGUA SANITARIA MEDIANTE RADIACIÓN ULTRAVIOLETA EN UN BUQUE LNG	REF: PLIEGO DE CONDICIONES	
	FECHA: 21/06/2017	
	REV:00	PAG: 59/65

Demoras

Al encargarse el trabajo, se fijará por ambas partes, el programa con la fecha de inicio y de terminación. El Astillero pondrá los medios necesarios para ello, que deberán ser aceptados por la propiedad.

En el caso de que el Astillero incurra en demoras no excusables, le serán aplicadas las siguientes sanciones:

Por retraso en la incorporación del personal y otros medios necesarios para la finalización del trabajo: desde un 1% hasta un máximo de 5% por día de retraso.

Por retraso en la finalización de los trabajos o retrasos en los trabajos intermedios que expresamente se indiquen: desde un 1% de la facturación de estos encargos con un tope de un 5% por cada día de retraso.

Por incumplimiento en la limpieza y orden de las instalaciones: 300€ la primera vez, aumentando en otros 300€ las sucesivas hasta un máximo de tres veces, a partir de la cual se procederá a restituir por la propiedad las condiciones de limpieza y orden, cargando el coste al Astillero.

Responsabilidad Por Daños

La propiedad tiene concertada una póliza de responsabilidad civil por daños causados a terceros, en el que figura el Astillero como asegurado. Este seguro garantiza la responsabilidad civil de los daños causados accidentalmente a terceros con motivo de las obras.

En dicha póliza queda garantizada la responsabilidad civil que pueda serle exigida al Astillero por daños físicos y materiales causados a terceros por los empleados del mismo.

TRATAMIENTO AGUA SANITARIA MEDIANTE RADIACIÓN ULTRAVIOLETA EN UN BUQUE LNG	REF: PLIEGO DE CONDICIONES	
	FECHA: 21/06/2017	
	REV:00	PAG: 60/65

4.4. MEDIOS Y EQUIPOS DE PROTECCIÓN COLECTIVA E INDIVIDUAL

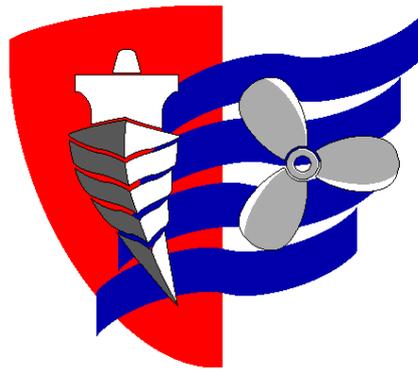
Casco de seguridad que se requiera según la norma UNE-EN 397 sobre cascos de protección.

Botas de seguridad que se requieran según la norma de seguridad NTP 813. Equipos y arneses anti caídas adecuados según la norma UNE-EN 354; mosquetón ovalado asimétrico, según especificaciones UNE-EN 362. Norma UNE-EN 361 especificaciones sobre EPI's contra caídas. Arnese: arnés anti caída con punto de enganche en zona dorsal, hombreras y perneras regulables.

Gafas anti-impactos de la categoría requerida según norma CE-EN 166; resistente a impactos de partículas a alta velocidad y baja energía; anti-vaho. Orejeras adaptables al casco de seguridad o tapones según normas UNE-EN 352-2 y UNE-EN 358.

Guantes de seguridad necesarios con características para cada labor según normas UNE EN 420:2004+A1.

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**



MEDICIONES Y PRESUPUESTO

5. MEDICIONES Y PRESUPUESTO

A continuación se desglosaran los gastos que conlleva realizar el proyecto.

5.1. PRESUPUESTO DESGLOSADO EN PARTIDAS

Elemento	Unidades	Precio Unitario (€/Unidad)	TOTAL (€)
Tubería de acero al carbono DN 40 mm (6m de longitud/unidad)	139	12,3	1709,7
Codo 90º DN 40 mm de acero al carbono	30	2,3	69
(T) DN 40 mm de acero al carbono	14	5,8	81,2
Válvula de globo DN 40 mm	21	215	4515
Esterilizador	1	3000	3000
Materiales consumibles para la ejecución de la obra			850
Material de seguridad para la ejecución de la obra			450
Medios de anclaje			300
Medios de elevación			300
Normas AENOR			910
			12184,9

Elemento	Unidades	Precio unitario (€/hora)	Número de horas	Total (€)
Soldador	1	35	20	700
Montaje mecánico	1	20	10	200
Montaje eléctrico	1	35	3	105
				1005

TRATAMIENTO AGUA SANITARIA MEDIANTE RADIACIÓN ULTRAVIOLETA EN UN BUQUE LNG	REF: MEDICIONES Y PRESUPUESTO	
	FECHA: 21/06/2017	
	REV:00	PAG: 63/65

5.2. BALANCE FINAL DEL PRESUPUESTO

Secciones a presupuestar:	Importe
Material	6.974,9 €
Equipos	3.000 €
Mano de obra	1.005 €
Consumibles, material de seguridad y distintos medios provisionales	1.300 €
Normas	910 €
TOTAL PEM	13.189,9 €

Concepto:	Importe
(10 % PEM) Gastos Generales, licencias y trámites	1.318,99 €
(5% PEM) Honorarios del proyecto	1.500 €
(21 % PEM) IVA	2.769,88 €
Presupuesto General para conocimiento del Cliente:	18.778,77 €

El Presupuesto General para conocimiento del Cliente asciende a

Dieciocho mil setecientos setenta y ocho con setenta y siete €

Aviso responsabilidad UC

Este documento es el resultado del Trabajo Fin de Máster de un alumno, siendo su autor responsable de su contenido.

Se trata por tanto de un trabajo académico que puede contener errores detectados por el tribunal y que pueden no haber sido corregidos por el autor en la presente edición.

Debido a dicha orientación académica no debe hacerse un uso profesional de su contenido.

Este tipo de trabajos, junto con su defensa, pueden haber obtenido una nota que oscila entre 5 y 10 puntos, por lo que la calidad y el número de errores que puedan contener difieren en gran medida entre unos trabajos y otros,

La Universidad de Cantabria, la Escuela Técnica Superior de Náutica, los miembros del Tribunal de Trabajos Fin de Máster así como el profesor/a director no son responsables del contenido último de este Trabajo.