

**CRUCEROS DE TURISMO: CONTAMINANTES Y
TRATAMIENTO DE AGUAS SUCIAS**



Trabajo de Fin de Grado

Grado en Náutica y Transporte Marítimo

Julio 2024

Autor:

Víctor Guillén Peña

Tutor:

Antonio Ceferino Bermejo Díaz

Escuela Politécnica Superior de Ingeniería

Sección Náutica, Máquinas y Radioelectrónica Naval

Universidad de La Laguna

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 6581804 Código de verificación: +A/Afp/z

Firmado por: Antonio Ceferino Bermejo Díaz
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 03/07/2024 01:40:51

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 6581804 Código de verificación: +A/Afp/z

Firmado por: Antonio Ceferino Bermejo Díaz
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 03/07/2024 01:40:51

D. Antonio Ceferino Bermejo Díaz, Doctor en Marina Civil, Capitán *Ilimitado* de la Marina Mercante y Profesor de la UD de Náutica y Transporte Marítimo, perteneciente al Departamento de Ingeniería Náutica, Civil y Marítima de la Universidad de La Laguna:

Expone que:

D. **Víctor Guillén Peña** con **DNI 45366943-H**, ha realizado bajo mi dirección el trabajo fin de grado titulado:

“CRUCEROS DE TURISMO: CONTAMINANTES Y TRATAMIENTO DE AGUAS SUCIAS”.

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 03 de julio de 2024.

Fdo.: Antonio C. Bermejo Díaz

Director del trabajo.

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 6581804 Código de verificación: +A/Afp/z

Firmado por: Antonio Ceferino Bermejo Díaz
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 03/07/2024 01:40:51

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 6581804 Código de verificación: +A/Afp/z

Firmado por: Antonio Ceferino Bermejo Díaz
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 03/07/2024 01:40:51

Bermejo Díaz, AC. (2024). CRUCEROS DE TURISMO: CONTAMINANTES Y TRATAMIENTO DE AGUAS SUCIAS. Trabajo de Fin de Grado. Universidad de La Laguna.

Resumen

El desarrollo de la industria de los cruceros ha experimentado un notable incremento en la capacidad y lujo de estas embarcaciones, atrayendo anualmente a millones de pasajeros. No obstante, este crecimiento ha generado un impacto medioambiental considerable. Los cruceros emiten grandes cantidades de contaminantes y producen desechos que contribuyen al deterioro de los océanos y al cambio climático. A pesar de la implementación de regulaciones más estrictas y de avances tecnológicos orientados a reducir la contaminación, la industria enfrenta desafíos significativos. Este proyecto tiene como objetivo concienciar sobre el impacto medioambiental de los cruceros y subrayar la importancia de continuar mejorando las tecnologías y normativas para proteger nuestro planeta

Palabras claves: | Cruceros, Contaminación, Transporte marítimo, Industria |

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 6581804 Código de verificación: +A/Afp/z

Firmado por: Antonio Ceferino Bermejo Díaz
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 03/07/2024 01:40:51

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 6581804 Código de verificación: +A/Afp/z

Firmado por: Antonio Ceferino Bermejo Díaz
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 03/07/2024 01:40:51

Bermejo Díaz, AC. (2024). CRUCEROS DE TURISMO: CONTAMINANTES Y TRATAMIENTO DE AGUAS SUCIAS. Trabajo de Fin de Grado. Universidad de La Laguna.

Abstract

The development of the cruise industry has seen a notable increase in the capacity and luxury of these vessels, attracting millions of passengers annually. However, this growth has resulted in significant environmental impact. Cruise ships emit large amounts of pollutants and generate waste that contributes to ocean degradation and climate change. Despite the implementation of stricter regulations and technological advances aimed at reducing pollution, the industry faces substantial challenges. This project aims to raise awareness about the environmental impact of cruise ships and highlight the importance of continuing to improve technologies and regulations to protect our planet.

Keywords: | Cruise, Pollution, Maritime Transport, Industry |

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 6581804 Código de verificación: +A/Afp/z

Firmado por: Antonio Ceferino Bermejo Díaz
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 03/07/2024 01:40:51

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 6581804 Código de verificación: +A/Afp/z

Firmado por: Antonio Ceferino Bermejo Díaz
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 03/07/2024 01:40:51

AGRADECIMIENTOS

Después de la dura navegación realizada durante estos 4 años me siento agradecido de haber llegado a buen puerto. Esta ruta no hubiera sido posible sin el firme liderazgo de los capitanes de este barco, mis padres y mi hermano, ellos han sido el faro que me han facilitado el punto de recalada.

Asimismo, quiero expresar mi más profundo agradecimiento a Antonio Ceferino Bermejo Díaz, cuya seguridad y confianza han sido esenciales en esta travesía.

Por último, pero no menos importante, a toda la tripulación que ha navegado conmigo. Me llevo sus enseñanzas y camaradería hasta el fondo de los 7 mares.

A todos ustedes, mil gracias.

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 6581804 Código de verificación: +A/Afp/z

Firmado por: Antonio Ceferino Bermejo Díaz
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 03/07/2024 01:40:51

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 6581804 Código de verificación: +A/Afp/z

Firmado por: Antonio Ceferino Bermejo Díaz
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 03/07/2024 01:40:51

Índice

CAPÍTULO 1. Introducción.....	1
CAPÍTULO 2. Objetivos.	2
2.1. Objetivos generales.	2
2.2. Objetivos específicos.	2
CAPÍTULO 3. Los cruceros.....	3
3.1. Definición e historia de los cruceros.	3
3.1.1. Definición.....	3
3.1.2. Historia de los cruceros.	4
3.2. Clasificación de los cruceros.	7
3.2.1. Tipos de cruceros.	7
3.2.2. Características principales.....	11
CAPÍTULO 4. Normativas.	13
4.1. Evolución histórica.	13
4.2. Convenio MARPOL.....	15
CAPÍTULO 5. Sostenibilidad.....	18
5.1. Origen de la sostenibilidad.	18
5.2. Finalidad y resultados de La Conferencia Mundial sobre el clima.	19
5.3. Situación medioambiental actual.	20
5.4. Objetivos de la U.E.	22
5.5. Efectos Negativos Medioambientales de los cruceros.....	25
5.5.1. Contaminación atmosférica:	25
5.5.2. Contaminación producida por el combustible:	27
5.5.3. Contaminación por aguas sucias.....	29
5.5.4. Contaminación Acústica.	30
CAPÍTULO 6. Sistema de tratamiento de aguas sucias.	31

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
 La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 6581804 Código de verificación: +A/Afp/z

Firmado por: Antonio Ceferino Bermejo Díaz
 UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 03/07/2024 01:40:51

6.1. Introducción de las aguas residuales.	32
6.2. Introducción a las aguas negras y aguas grises.	34
6.2.1. Aguas negras.	34
6.2.2. Aguas grises.	36
6.3. Procedencia del agua general.	36
6.4. Captación de aguas sucias.	37
6.5. Planta de tratamiento de aguas sucias.	38
6.5.1. Introducción al estudio realizado.	38
6.5.2. Descripción general.	39
6.5.3. Operación interna del sistema.	41
6.5.4. Mantenimiento de la planta ecológica.	43
CAPÍTULO 7. Propuestas de posibles mejoras.	47
CAPÍTULO 8. Conclusión.	51
CHAPTER 8. Conclusion.	52
CAPÍTULO 9. Bibliografía.	53

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 6581804 Código de verificación: +A/Afp/z

Firmado por: Antonio Ceferino Bermejo Díaz
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 03/07/2024 01:40:51

Índice de ilustraciones

Ilustración 1. Evolución Esquemática de la historia de los cruceros.....	4
Ilustración 2. "Lady Mary Wood" en Gibraltar.....	5
Ilustración 3. "Queen Mery 2" Naviera Cunard Line, Crucero Transatlántico. ..	7
Ilustración 4. "Celebrity Equinox" en dique seco; Crucero convencional.	8
Ilustración 5. "MS Camargue" Crucero Fluvial.	9
Ilustración 6. "Hanseatic nature" Crucero Expedicionario	10
Ilustración 7. "Sea Cloud II" Crucero de vela.	11
Ilustración 8. La alianza colaborativa entre la OMI y MARPOL	14
Ilustración 9. Emisiones globales de carbono negro (2017).	25
Ilustración 10. Contaminación Atmosférica provocada por los cruceros en aguas europeas (2019).	26
Ilustración 11. Despliegue de barreras de contención por el derrame producido del buque "Marealla Dream"	28
Ilustración 12. Vista de alzado del naufragio con la barrera flotante para evitar el vertido de combustible.	28
Ilustración 13. Resumen visual de los contaminantes provocados.....	29
Ilustración 14. Bienvenida al 176º Estado Miembro de la OMI	31
Ilustración 15. Breve análisis visual con el fin de fomentar la sensibilización sobre la contaminación marina.	33
Ilustración 16. Impacto visual de las materias fecales de los cruceros en los océanos.	34
Ilustración 17. Retirada de las aguas residuales del buque mediante los medios de tierra (Camión Cisterna).....	35
Ilustración 18. Despiece de un retrete.....	37
Ilustración 19. Panel de Control de la planta de tratamiento.	41
Ilustración 20. Plano general del funcionamiento de la planta de tratamiento de aguas sucias.....	42

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 6581804 Código de verificación: +A/Afp/z

Firmado por: Antonio Ceferino Bermejo Díaz
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 03/07/2024 01:40:51

Ilustración 21. Mantenimiento general de la planta ecológica.	43
Ilustración 22. Pruebas del pH del efluente.....	46
Ilustración 23. Mantenimiento preventivo de las válvulas del sistema de recirculación.	46
Ilustración 24. Sistema de "Scrubbers" en los buques.	48
Ilustración 25. Boya inteligente para monitorear el mar.....	49
Ilustración 26. Incorporación de luces ultravioletas en la planta de tratamiento de aguas sucias.....	50

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 6581804 Código de verificación: +A/Afp/z

Firmado por: Antonio Ceferino Bermejo Díaz
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 03/07/2024 01:40:51

Índice de tablas

Tabla 1. Mantenimiento periódico de la planta de tratamiento de aguas sucias.	44
Tabla 2. Parámetros adecuados de diferentes pruebas.	45

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 6581804 Código de verificación: +A/Afp/z

Firmado por: Antonio Ceferino Bermejo Díaz
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 03/07/2024 01:40:51

Lista de acrónimos

- OMI:** Organización Marítima Internacional.
- SOLAS:** *Safety Of Life At Sea.*
- RAE:** Real Academia Española.
- P&O:** *Peninsular Steam Navigation Company.*
- CO₂:** Dióxido de Carbono.
- OMM:** Organización Meteorológica Mundial.
- PMC:** Programa Mundial sobre el Clima.
- PNUMA:** Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente.
- ICSU:** Consejo Internacional para la Ciencia.
- UE:** Unión Europea.
- COVID:** Enfermedad por el nuevo coronavirus.
- SO₂:** Dióxido de azufre.
- ONU:** Organización de las Naciones Unidas.
- ODS:** Objetivos de Desarrollo Sostenible.
- MARPOL:** *Marine Pollution.*
- GEI:** Gases de Efecto Invernadero.
- NO_x / NO / NO₂:** Óxidos de Nitrógeno.
- CO:** Monóxido de carbono.
- CO_v:** Compuestos Orgánicos Volátiles.
- O₃:** Ozono.
- NH₃:** Amoníaco.
- pH:** Potencial de Hidrógeno.
- OMS:** Organización Mundial de la Salud.
- AWTS:** *Advanced Wastewater Treatment Systems.*
- ADN:** Ácido DesoxirriboNucleico.

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 6581804 Código de verificación: +A/Afp/z

Firmado por: Antonio Ceferino Bermejo Díaz
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 03/07/2024 01:40:51

CAPÍTULO 1. Introducción.

En el contexto del turismo marítimo, la industria de los cruceros emerge como un fenómeno de gran relevancia, caracterizado por su influencia económica y social, pero también por su notable impacto medioambiental. Sin embargo, son escasas las alternativas aportadas al gran impacto que se está produciendo en proporción con el crecimiento generado en dicho ámbito.

El incremento en la popularidad de los cruceros ha coincidido con una mayor conciencia sobre la necesidad de abordar los problemas ambientales, especialmente en relación con el cambio climático.

Asimismo, la gestión de aguas sucias a bordo plantea desafíos significativos en términos de impacto ambiental. Estas aguas, procedentes de cualquier tipo de inodoros, urinarios, lavabos, conductos de salida situados en cámaras de servicios médicos, etc., contienen un alto riesgo para la salud de los ecosistemas marinos y costeros si no son tratadas y dispuestas de manera responsable.

El presente trabajo se estructura en torno a una revisión exhaustiva de la literatura existente sobre la huella ecológica de este, así como un análisis detallado del sistema de gestión de aguas sucias en la industria de los cruceros. A continuación, partiendo de esta base se aspira a proponer posibles soluciones y estrategias para abordar estos desafíos ambientales.

CAPÍTULO 2. Objetivos.

2.1. Objetivos generales.

Este proyecto tiene como objetivo principal destacar la importancia y el funcionamiento que tiene hoy día los sistemas a bordo junto con sus regulaciones correspondientes tanto en navegación en alta mar como en puerto, con el fin de prevenir en menor escala la contaminación marina producida en nuestros océanos. Para un mejor entendimiento del trabajo, se ha fijado una serie de objetivos específicos.

2.2. Objetivos específicos.

El primero de ellos es realizar una revisión de su historia con el fin de tener una noción básica sobre los cruceros, dando a entender sus principios y la evolución que ha tenido a lo largo de toda su trayectoria.

A continuación, se detalla la normativa aplicable a las aguas sucias a bordo de estas ciudades flotantes, delineando las restricciones vigentes y examinando los fundamentos que las respaldan. Es importante destacar que estas regulaciones se basan en una evolución continua, la cual también se abordará en el presente análisis.

Posteriormente se desarrollan apartados centrados en la sostenibilidad, con el fin de explorar la situación medioambiental que motiva este proyecto. Este enfoque permite comprender mejor las medidas ya adoptadas y de las cuales se pretende tratar.

Seguidamente se da a conocer la clasificación de aguas sucias que se genera en el crucero, junto con la explicación del proceso que se realiza desde su inicio hasta su tratamiento y desembocadura a la mar. Por tanto, es de especial importancia comprobar su adecuado funcionamiento y tener nociones básicas sobre su mantenimiento, puesto que puede resultar contaminante para el medio marino.

Por último, se implementará una serie de soluciones propias, de acuerdo con lo analizado con el fin de solventar de forma general la contaminación de estos tipos de buques.

pág. 2

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 6581804 Código de verificación: +A/Afp/z

Firmado por: Antonio Ceferino Bermejo Díaz
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 03/07/2024 01:40:51

CAPÍTULO 3. Los cruceros.

3.1. Definición e historia de los cruceros.

3.1.1. Definición.

Los cruceros marítimos han emergido como una forma popular de viajar, ofreciendo a los pasajeros la oportunidad de explorar destinos turísticos diversos mientras disfrutan de comodidades y entretenimientos a bordo. Sin embargo, para comprender completamente la naturaleza y la operación de los cruceros, es esencial tener conceptos previos como la definición y características de los buques dedicados a esta actividad. Existen diversas definiciones, pero de entre todas ellas, he decidido seleccionar dos. En primer lugar, se tomará como referencia lo propiamente dicho según la Organización Marítima Internacional (OMI). En este contexto, la OMI define un “buque dedicado a cruceros” como:

“Buque que efectúa un viaje internacional, cuyos pasajeros alojados a bordo participan en un programa de grupo, que tiene previstas escalas turísticas temporales en uno o más puertos diferentes y que durante el viaje, normalmente, no:

Embarca ni desembarca ningún otro pasajero;

Carga ni descarga ningún tipo de carga.” [1]

Por otra parte, se observa otra definición la cual es recogida por la Real Academia Española (RAE) y lo define de la siguiente forma:

“Viaje de placer en barco, con escala en varios lugares.” [2]

En consecuencia, se puede describir un crucero como una modalidad de barco destinada al transporte de viajeros, especialmente diseñada para proporcionar viajes de recreación. En este contexto, el propio viaje, los servicios ofrecidos a bordo y los destinos visitados forman parte integral de la experiencia. Por lo tanto, el producto crucero se caracteriza por su función como un “resort marino”, donde los pasajeros pueden disfrutar de una amplia gama de servicios de alojamientos, entretenimientos y transporte durante su travesía.

pág. 3

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 6581804 Código de verificación: +A/Afp/z

Firmado por: Antonio Ceferino Bermejo Díaz
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 03/07/2024 01:40:51

3.1.2. Historia de los cruceros.

A lo largo de los siglos, estos barcos han sido testigos de una evolución notable, en donde el proceso realizado demuestra una gran elegancia combinándolo con la innovación para ofrecer experiencias de viajes incomparables.

En los tiempos antiguos, las civilizaciones griegas y romanas aprovecharon la multitud de sus imperios marítimos para utilizar barcos como medios de transporte de pasajeros en travesías que combinaban el comercio y el ocio. Los griegos, conocidos por su habilidad marítima, efectuaban rutas que no sólo servían como objetivos mercantiles, sino que también se exploraban nuevas tierras. [3]

Por su parte, los romanos heredaron y expandieron esta tradición. Con la creación del Imperio Romano, los trayectos se volvieron aún más importantes para mantener la cohesión y el crecimiento del vasto territorio romano. Los barcos romanos, como los galos y los trirremes, eran utilizados tanto para el transporte de mercancías como de pasajeros y prisioneros. [3]

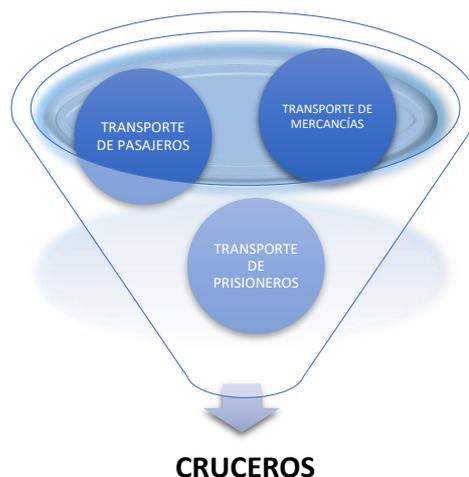


Ilustración 1. Evolución Esquemática de la historia de los cruceros.
Fuente: Elaboración Propia.

Con el paso del tiempo fueron surgiendo nuevas modernidades, y no es hasta el

siglo XIX, cuando surgió el concepto moderno de los cruceros. Todo comenzó con la particularidad de la invención del barco de vapor. De hecho, un gran protagonista de este acontecimiento significativo fue el ingeniero Robert Fulton. En 1803, logró un hito histórico al diseñar un barco de vapor que pudo navegar por el río Sena, transportando pasajeros [3]. Esta innovación no solo transformó la industria naval, sino que también sentó las bases para el surgimiento de los cruceros modernos, al facilitar un transporte eficiente y cómodo. Todo ello marcó una era de expansión y renovación para dicha industria con la creación de empresas navieras dedicadas exclusivamente al transporte de viajeros con fines recreativos.

Posteriormente, se registró en torno al año 1835, con la publicación en el periódico inglés "*Shetland Journal*", la noticia de un viaje en un barco crucero para poder visitar Escocia, Islandia y las Islas Feroe, una ocasión inusual y única para aquellas personas que se aventuraron a conocer otros lugares, por lo que llamó bastante la atención. No obstante, no fue hasta 1837 cuando se observa la aparición de la primera compañía que salió al mercado. Al principio fue conocida como "*Stromness*", aunque más adelante se llamó "*Peninsular Steam Navigation Company*", también considerada como "P&O". A continuación, surgió otra naviera de gran importancia, la llamada: "*Cunard Line*" fundada por Samuel Cunard en 1840. En ese mismo año, el "*Britannia*" realizó su primer viaje transatlántico comercial conectando tierras británicas con terrenos americanos. Por otro lado, en 1844 se construyó el primer crucero moderno el cual hizo una ruta por el mediterráneo, se trata del "*Lady Mary Wood*". Sin embargo, todos estos eran cruceros muy exclusivos con una capacidad mínima en donde el límite era aproximadamente 500 pasajeros. [3]

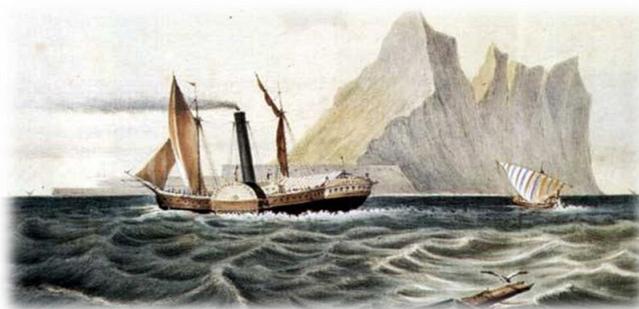


Ilustración 2. "Lady Mary Wood" en Gibraltar.
Fuente: <https://www.pandosnco.co.uk/ladymarywood.html>

Aunque no por ello significa que su progresión en aumento haya sido constante, debido a que hubo ciertos periodos por lo que se vieron afectados. Sin ninguna duda, un ejemplo de gran relevancia fueron los sucesos ocurridos tanto en la Primera como en la Segunda Guerra Mundial en donde fueron reflejados varios desperfectos e incluso hundimientos. Otro hito que marcó un antes y un después tanto en la seguridad de la mar como en la industria de los cruceros fue el hundimiento del “*Titanic*” ya que introdujo profundos cambios en la normativa, teniendo en consideración las escenas producidas [4]. Por último, otra situación es la aparición del mundo de la aviación, puesto que los avances tecnológicos producidos tuvieron una gran efectividad favoreciéndoles en la duración del trayecto y también en una mejor economía para los viajeros.

A pesar de las circunstancias que han originado desvíos y problemas, la industria de los cruceros ha demostrado una capacidad impresionante para adaptarse y reinventarse, desde los tiempos antiguos y los nuevos protocolos de seguridad implementados hasta la introducción de nuevas modernidades. Actualmente, este sector continúa siendo una opción popular para aquellos que buscan una forma única y emocionante de explorar el mundo. [4]

3.2. Clasificación de los cruceros.

Las variedades de barcos que se pueden observar a nuestro alrededor son mayores de las que cualquiera se pudiera imaginar. Por tanto, en cada uno de ellos se exploran diferentes tipos de cruceros y también se pueden distinguir características entre ellos.

3.2.1. Tipos de cruceros.

Las embarcaciones en las que se pueden llevar a cabo experiencias cruceristas son las siguientes:

Transatlántico: Estas majestuosas embarcaciones recorren las grandes aguas del Atlántico, conectando continentes y brindando a los viajeros una experiencia inolvidable. Todo ello, se combina con lujosas comodidades e incluye paradas en emocionantes destinos a lo largo de su travesía, permitiendo explorar ciudades costeras históricas y sumergirse en diferentes culturas. Asimismo, se observa a bordo una amplia gama de instalaciones y actividades con el fin de satisfacer todos los gustos posibles, junto con restaurantes y bares temáticos hasta teatros de primera clase y spas. Aunque más allá de lo moderno, se ofrecen oportunidades únicas de poder conectar con el pasado. Remontándonos a una época en la que los viajes en barco eran la principal forma de cruzar el océano. [5]



Ilustración 3. "Queen Mary 2" Naviera Cunard Line, Crucero Transatlántico.

Fuente: https://www.cunardcruceros.com/cunard/Oferla_Cruceros_Transatlanticos.html

pág. 7

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 6581804 Código de verificación: +A/Afp/z

Firmado por: Antonio Ceferino Bermejo Díaz
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 03/07/2024 01:40:51

Crucero de pequeño tamaño: Se caracterizan por su capacidad para transportar menos de 1.000 pasajeros. Estas embarcaciones ofrecen una experiencia más íntima y personalizada, donde el servicio se distingue por su atención meticulosa hacia cada detalle del viajero. [6]

Crucero convencional: Esta idea fue creada con el fin de que la velocidad no fuera un factor importante a tener en cuenta, sino que se proporcionara una variedad de camarotes cómodos que se adaptaran a diferentes presupuestos. Por tanto, de esta forma se incrementaría su tamaño para poder cubrir las necesidades de aproximadamente 3.000 pasajeros. Además, el entrenamiento en estos “megabarcos” no es precisamente uno de sus puntos débiles, al igual que los múltiples destinos que tiene. [6]



*Ilustración 4. "Celebrity Equinox" en dique seco; Crucero convencional.
Fuente: Elaboración Propia.*

Barco crucero fluvial: Se distingue por ser de menor tamaño que los barcos de crucero marítimo, con una capacidad para no más de unos pocos cientos de pasajeros.

pág. 8

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 6581804 Código de verificación: +A/Afp/z

Firmado por: Antonio Ceferino Bermejo Díaz
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 03/07/2024 01:40:51

Están especialmente diseñados para navegar en ríos y vías acuáticas interiores, lo que les permite acceder a destinos pintorescos y culturales que son inaccesibles para los barcos más grandes. [6]



Ilustración 5. "MS Camargue" Crucero Fluvial.

Fuente: <https://www.croisieurope.es/barco/ms-camargue>

Barco crucero de aventura: Estos han sido diseñados para llevar a los pasajeros a destinos remotos y poco explorados, lugares que son de difícil acceso para barcos más grandes. Estas emocionantes expediciones están dirigidas a viajeros que buscan experiencias auténticas y fuera de lo común. En su interior se ofrece una combinación única de lujo y satisfacen la pequeña demanda de un sector de la clientela muy concreta. [7]

Crucero expedicionario: En las regiones árticas o antárticas se encuentran embarcaciones diseñadas de manera especial. Posee una estructura del casco característica la cual le permite efectuar rutas de navegación sobre el hielo. Por otra parte, la presencia de la gran potencia de sus motores permite levantar el casco y navegar por encima de la superficie a medida que se va rompiendo la capa de hielo, que es apartada hacia los lados por la forma de la proa. [6]



Ilustración 6. "Hanseatic nature" Crucero Expedicionario
Fuente: Elaboración Propia.

Barco crucero de vela: Estos son conocidos por su combinación de tradición y tecnología. Estas embarcaciones están equipadas con sistemas tecnológicos avanzados que les permite zarpar y controlar los vientos de manera eficiente. Aunque suelen depender del viento para navegar, también están equipados con motores auxiliares para garantizar una navegación segura ya sea con condiciones adversas como incluso con buena mar. Los entusiastas de estos barcos buscan revivir la experiencia de la navegación tradicional, donde el viento y las velas son los principales impulsores, ofreciendo una conexión única con el mar y la naturaleza. **[8]**



Ilustración 7. "Sea Cloud II" Crucero de vela.
Fuente: Elaboración Propia.

3.2.2. Características principales.

Hasta donde se ha visto, los cruceros se pueden presentar en una diversidad de formas y tamaños, cada uno ofreciendo una experiencia única. Al considerar su clasificación, se deben tener en cuenta una serie de características fundamentales:

Duración de la travesía: El tiempo de transcurso del viaje puede variar de distintas maneras, puesto que de esa forma el viajero puede seleccionar cualquier tipo y tiene un abanico más grande de opciones. Por lo tanto, en caso de que se quiera disfrutar de una experiencia corta y suficiente en alta mar, se encuentran los cruceros de corta duración, los cuales van desde 4 hasta 5 días navegando. Posteriormente, se observa una franja más estándar y a su vez la más preferida, siendo su duración de 7

días. Luego, se encuentran los barcos cruceros con destinos más alejados, teniendo una navegación de entre 7 a 21 días. Aunque no por ello, deja de tener su encanto, debido a que los lugares a visitar tienen mucho de que desear. Por último, se halla un tipo de crucero que supera todo lo nombrado anteriormente, estos recorren el mundo, por lo que tendría una duración en torno a los 120 días, con la posibilidad de poder durar aún más tiempo. [9]

Tamaño y capacidad de pasajeros: Estos varían en tamaño y capacidad, lo que influye en la experiencia de viaje. Así que, se pueden clasificar en tres categorías principales: buques pequeños, buques medianos y buques grandes.

Los buques pequeños son conocidos por tener un ambiente más íntimo y exclusivo, con una capacidad que oscila alrededor de 500 pasajeros. La flexibilidad es una característica destacada de estos buques, lo que permite explorar destinos más remotos y menos frecuentados por las grandes líneas.

Los buques medianos tienen una capacidad que va desde 500 hasta aproximadamente 1000 pasajeros. En ellos, se pueden encontrar una amplia variedad de actividades y entretenimiento a bordo, que van desde espectáculos en vivo hasta calidad gastronómica de alta calidad.

Por último, los buques grandes pueden albergar a más de 3500 pasajeros. Todo ello, transmite una conclusión en la que la imaginación del ser humano toma presencia de forma imprescindible en las construcciones y fabricaciones de las coloquialmente llamadas “ciudades flotantes”. [9]

Categoría: Cada barco tiene ciertas clasificaciones que van en función del número de estrellas o anclas que se les asignan, con un máximo de 5 estrellas que representan la clasificación más alta y, por ende, la experiencia más exclusiva y lujosa. Esta clasificación se basa en diversos criterios que abarcan desde la calidad de la gastronomía y las actividades ofrecidas hasta el mantenimiento del buque junto con el estado de las cabinas. Además de estos aspectos, se consideran otros factores como la seguridad a bordo, el buen trabajo de los tripulantes, las posibles opciones para poder disfrutar aún más del viaje y la reputación de la naviera. De esta manera, los cruceros de mayor categoría suelen ofrecer oportunidades más refinadas y sofisticadas, con servicios personalizados y comodidades de primer nivel. Mientras que los de menor categoría pueden satisfacer las necesidades de un público más amplio con una oferta más básica pero aún de calidad. [9]

pág. 12

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 6581804 Código de verificación: +A/Afp/z

Firmado por: Antonio Ceferino Bermejo Díaz
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 03/07/2024 01:40:51

CAPÍTULO 4. Normativas.

4.1. Evolución histórica.

La regulación del transporte marítimo y la protección del medio ambiente han evolucionado significativamente a lo largo de los años. Los primeros esfuerzos se centraron en la seguridad de la navegación y la protección de la vida humana en la mar. Sin embargo, con el tiempo, la atención se ha expandido para incluir la protección del entorno marino debido al creciente reconocimiento de los impactos ambientales negativos derivados de las actividades marítimas.

Uno de los primeros hitos en la regulación marítima fue la adopción del Convenio Internacional para la Seguridad de la vida Humana en el Mar (SOLAS) en 1914, a raíz del desastre del “*Titanic*”. Este convenio estableció normas de seguridad esenciales, pero no abordó directamente las cuestiones ambientales. A medida que la industria marítima crecía, también lo hacía la necesidad de regular los vertidos de hidrocarburos y otros contaminantes al mar.

La década de 1950 marcó un punto de inflexión con la adopción del Convenio Internacional para Prevenir la Contaminación por los Buques (MARPOL), que se ha convertido en la normativa más importante para la protección del entorno marino. Adoptado inicialmente en 1973 y modificado por el protocolo de 1978, MARPOL aborda múltiples formas de contaminación marina, estableciendo una serie de anexos que cubren distintos tipos de contaminantes. [10]

A lo largo de los años siguientes, la comunidad internacional ha continuado fortaleciendo y ampliando las regulaciones marítimas. La Organización Marítima Internacional (OMI), ha sido un actor clave en el desarrollo y la implementación de estas normativas. La OMI ha introducido enmiendas a MARPOL y otros convenios internacionales para abordar problemas emergentes como la contaminación atmosférica y la gestión de aguas de lastre.

La progresión de las directrices ha sido impulsada tanto por avances científicos como por eventos catastróficos que han resaltado la necesidad de una regulación más estricta. Los derrames de petróleo, como el desastre del “*Exxon Valdez*” en 1989 y el hundimiento del “*Prestige*” en 2002, han tenido un impacto profundo en la legislación

pág. 13

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 6581804 Código de verificación: +A/Afp/z

Firmado por: Antonio Ceferino Bermejo Díaz
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 03/07/2024 01:40:51

ambiental marítima, llevando a la adopción de medidas más rigurosas para prevenir futuros incidentes. [11]

Más recientemente, la preocupación por el cambio climático ha llevado a la introducción de regulaciones para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero del sector marítimo. El Anexo VI del MARPOL: “Reglas para Prevenir la contaminación atmosférica ocasionada por los buques” (entrada en vigor el 19 de mayo de 2005), ha sido enmendado para incluir límites más estrictos sobre las emisiones de óxidos de azufre y nitrógeno, y para establecer medidas de eficacia energética para los buques. [10]

La implementación de estas normativas no solo depende de la adopción de acuerdos internacionales, sino también de la voluntad de los estados miembros para incorporar estas regulaciones en su legislación nacional y garantizar su cumplimiento a través de mecanismo de inspección y sanción. Asimismo, la cooperación internacional y el intercambio de información y tecnologías son fundamentales para el éxito de estas medidas.

En resumen, la evolución de las normativas en el régimen marítimo refleja un esfuerzo continuo y colaborativo para proteger el medio ambiente marino, mejorar la seguridad en la navegación y promover una industria marítima más sostenible. Este proceso continuará adaptándose a los nuevos desafíos y avances industriales, asegurando que la protección del medio marino siga siendo una prioridad global.



Ilustración 8. La alianza colaborativa entre la OMI y MARPOL.

Fuente: <https://www.imo.org/es/MediaCentre/HotTopics/Paginas/MARPOL-at-50-.aspx>

4.2. Convenio MARPOL.

De acuerdo con lo expuesto anteriormente, este apartado proporcionará una descripción en especial atención al Anexo IV del Convenio debido a su relevancia para el estudio llevado a cabo en los capítulos posteriores.

Por tanto, a continuación, se observa el presente Anexo:

Anexo IV: “Reglas para prevenir la contaminación por las aguas sucias de los buques”:

El Anexo IV, titulado “Reglamento para la Prevención de la Contaminación por Aguas Sucias de los Buques”, entró en vigor el 27 de septiembre de 2003. Este conjunto de regulaciones, según la Regla 2 del presente anexo, se aplica a los buques nuevos con un arqueo bruto de 400 toneladas o más, y a los buques autorizados a transportar más de 15 personas. La normativa abarca aspectos relacionados con el manejo y tratamiento de las aguas sucias, entendidas estas como las provenientes de inodoros, lavabos, duchas, hospitales y otros espacios similares a bordo de las embarcaciones. [12]

Requisitos Técnicos y Operacionales.

Los buques pueden estar equipados con sistemas que permitan la descarga de aguas sucias directamente al mar, siempre y cuando se cumplan las condiciones estipuladas en el Anexo IV, que posteriormente se van a ver. Además, deben disponer de la capacidad de su descarga a instalaciones receptoras en puertos.

Tanques de Retención (Capítulo 1: “Generalidades” – Regla 1.4):

Por tanque de retención se entiende todo tanque utilizado para recoger y almacenar aguas sucias. Estos tanques deben ser lo suficientemente grandes para almacenar las aguas sucias durante todo el tiempo que el buque esté en áreas donde su descarga esté prohibida. El tanque de retención estará construido del modo que la Administración juzgue satisfactorio, y estará dotado de medios para indicar visualmente la cantidad del contenido (Capítulo 3: *Equipo y control de las descargas* – Regla 9). [12]

Instalaciones de Recepción de Aguas Sucias (Capítulo 4: “Instalaciones de recepción” – Regla 12):

Como alternativa a la realización de descarga al mar de las aguas sucias, se

pág. 15

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 6581804 Código de verificación: +A/Afp/z

Firmado por: Antonio Ceferino Bermejo Díaz
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 03/07/2024 01:40:51

puede visualizar la recepción de las aguas sucias en los puertos. Los Estados Parte en el Convenio MARPOL están obligados a asegurar la provisión de instalaciones receptoras adecuadas en los puertos y terminales bajo su jurisdicción. Estas instalaciones deben estar diseñadas y gestionadas de manera que puedan recibir y tratar las aguas sucias de los buques de forma efectiva y sin causar demoras indebidas en las operaciones de los mismos. Igualmente, deben ser fácilmente accesibles para los buques, permitiendo la descarga de manera eficiente y segura. [12]

De igual manera, los Estados Parte deben coordinarse con las autoridades portuarias y las navieras para garantizar que las instalaciones receptoras estén operativas y disponibles cuando se necesiten.

Por otra parte, las zonas especiales, tal como se definen en el Capítulo 1 – Regla 1 titulado: “Definiciones” del presente anexo, son regiones marítimas que requieren medidas adicionales de protección debido a razones técnicas reconocidas en relación con sus condiciones oceanográficas, ecológicas y con el carácter particular de su tráfico marítimo, que terminan afectando al impacto de la contaminación marina. Por tanto, tras ello se establece en la Regla 13 del Capítulo 4 que deben existir obligaciones específicas en los países que han ratificado el convenio en asunto con la provisión de instalaciones receptoras para los buques de pasaje en las zonas especiales, evitando de este modo su vertido en el mar. [12]

Sistema de Descarga (*Capítulo 3: “Descarga de aguas sucias” – Regla 11*):

En este capítulo viene reflejado las condiciones específicas bajo las cuales se permite la descarga de aguas sucias al mar. Estas especificaciones varían dependiendo de la ubicación del buque y del tipo de tratamiento de las aguas sucias. Las principales condiciones son las siguientes:

1. Se puede efectuar la descarga a una distancia superior a 3 millas de la tierra más próxima si las aguas sucias han sido previamente desmenuzadas y desinfectadas mediante un sistema aprobado por la Administración, o a una distancia superior a 12 millas de la tierra más próxima si no han sido previamente desmenuzadas ni desinfectadas. [12]

2. La descarga se debe realizar a un régimen moderado, hallándose el buque en ruta y navegando a una velocidad no inferior a 4 nudos. [12]

3. Utilizar una instalación de tratamiento de aguas sucias aprobada y certificada por la Administración, y que el efluente no produzca sólidos flotantes visibles ni ocasione coloración en las aguas circundantes. [12]

Del mismo modo, se define en la presente regla que las aguas sucias retenidas en el tanque no deben ser mezcladas con residuos procedentes de cargas peligrosas o sustancias nocivas que puedan incrementar su potencial contaminante. [12]

Todo este conjunto, viene verificado mediante inspecciones periódicas realizadas por parte de la Organización de conformidad con la norma de auditoría (*Capítulo 6: "Verificación del cumplimiento de las disposiciones del presente anexo" – Regla 16*). Los buques deben poseer un Certificado Internacional de Prevención de la Contaminación por Aguas Sucias, que acredita que el buque cumple con todas las disposiciones del Anexo IV (*Capítulo 2: "Reconocimientos y certificación" – Regla 6*). Además, se lleva registros detallados de todas las operaciones de descarga, los cuales deben estar disponibles para su revisión durante las inspecciones. [12]

CAPÍTULO 5. Sostenibilidad.

En la antigüedad muchas empresas no tenían en consideración las repercusiones posibles que podían afectar al medio ambiente y de manera directa e indiscreta a nuestro entorno atmosférico. No obstante, no ha sido un tema principal para tomar soluciones hasta hace unas décadas atrás, en donde la sostenibilidad se ha convertido en el hilo conductor en diversas industrias, incluida la de los buques cruceros. Estas imponentes embarcaciones, que ofrecen experiencias lujosas y emocionantes para los pasajeros, enfrentan crecientes demandas para minimizar su impacto ambiental y social. Desde la gestión de residuos hasta la reducción de emisiones, las navieras se están comprometiendo por adoptar prácticas más sostenibles para preservar los ecosistemas marinos que tanto dependen de ellos. A través de innovaciones tecnológicas, políticas de gestión ambiental y colaboraciones con organizaciones de conservación, la industria de los cruceros busca equilibrar el placer del viaje con la responsabilidad hacia el medio ambiente y las comunidades locales.

5.1. Origen de la sostenibilidad.

Tras lo dicho en el anterior apartado, se puede observar que realmente el origen de la sostenibilidad en líneas generales en la industria de los cruceros se remonta a una creciente conciencia sobre el impacto ambiental y social. Con el aumento del turismo marítimo, especialmente en áreas sensibles desde el punto de vista ecológico, como arrecifes de coral y reservas marinas, las compañías de cruceros han enfrentado una presión cada vez mayor para su correcta operación.

Este llamado a la acción también se ha visto impulsado por eventos ambientales globales y regulaciones más estrictas. Por ejemplo, la creciente preocupación por el cambio climático y la necesidad de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero ha llevado a la industria del transporte marítimo, incluidos los cruceros, a buscar soluciones más limpias y eficientes desde el punto de vista energético. [13]

Todo ello tiene sus raíces en el siglo XIX, cuando los científicos de aquella época comenzaron a analizar y estudiar los cambios climáticos causados por la actividad humana. Se centraron en el problema del calentamiento global, señalando su inicio durante la Revolución Industrial. Este periodo marcó el comienzo de una contaminación

pág. 18

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 6581804 Código de verificación: +A/Afp/z

Firmado por: Antonio Ceferino Bermejo Díaz
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 03/07/2024 01:40:51

generalizada de los océanos sin regulación ambiental. [13]

Durante décadas, las empresas se crecieron sin tener en cuenta el impacto que podía causar debido al interés económico, y de la misma manera por la inexistencia de leyes que regularan la problemática. [13]

No obstante, el punto de inflexión ocurrió en 1979, en Ginebra (Suiza), cuando se llevó a cabo la primera conferencia mundial sobre el clima convocada por la Organización Meteorológica Mundial (OMM). Este punto de partida fue crucial, ya que incitó a los gobiernos a tomar medidas concretas para controlar y prevenir los cambios climáticos causados. Fue un hito que impulsó la conciencia global sobre la importancia del equilibrio ambiental y la necesidad de proteger nuestro entorno para las generaciones futuras. [13]

5.2. Finalidad y resultados de La Conferencia Mundial sobre el clima.

Anteriormente, se vio reflejado que la Conferencia Mundial sobre el clima fue convocada por la OMM en 1979. Todo ello se inició tras un llamado a todas las naciones con el fin de aprovechar plenamente el conocimiento existente sobre el clima, y de esta forma poder adoptar medidas para mejorar este conocimiento, además de prevenir y evitar posibles cambios climáticos provocados de la mano de la humanidad.

Tras la presentación de la documentación y los estudios realizados, la reacción pública causada fue de gran interés, atrayendo a un sector que divulgó todo lo sucedido, desde las deliberaciones hasta las conclusiones, se trata de la prensa. [14]

El papel de los océanos fue uno de los temas más debatidos en la conferencia. Se mostró grandes preocupaciones debido a la falta de datos oceánicos disponibles, y de la misma forma se ve representado la escasez de datos superficiales, haciendo referencia a las profundidades del mar y las temperaturas de las superficies. Es por ello por lo que se destacó la necesidad de brindar apoyo máximo, sobre todo económicamente para poder tener una mayor red de observación de datos marinos. [14]

Por otro lado, se observó una cierta incertidumbre y desconocimiento de la importancia en el estudio relacionado con la influencia de las crecientes concentraciones de CO₂ y otros gases de efecto invernadero. Esto era causado por las variaciones climáticas, señalándose que la amplitud de la variabilidad anual podría ser igual de

pág. 19

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 6581804 Código de verificación: +A/Afp/z

Firmado por: Antonio Ceferino Bermejo Díaz
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 03/07/2024 01:40:51

importante que la tendencia de la temperatura promedio a lo largo del tiempo. Asimismo, se abordó la cuestión de la identificación de las evoluciones consistentes en los datos climáticos. Como dijo W.L. Gates en su defensa: *“si la creciente alteración por parte del hombre de su medio ambiente da como resultado la introducción de influencias sobre el clima, anteriormente desconocidas, el método de representación con modelo es el único procedimiento que puede emplearse para predecir la futura evolución del clima”*. [14]

La Conferencia fue muy significativa ya que convocó a los gobiernos mundiales a tomar acciones concretas frente a los cambios climáticos producidos. Además, se establecieron programas específicos para abordar este desafío. Un resultado clave fue la creación del Programa Mundial sobre el Clima (PMC), en colaboración con la OMM. Este hito sentó las bases para iniciativas posteriores, incluyendo la formación del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y el Consejo Internacional para la Ciencia (ICSU). [14]

En conclusión, se subrayó la necesidad continua de observar los sistemas climáticos y modelar el clima avanzando de manera conjunta. A ello también se le sumó, el exhaustivo seguimiento de la identificación de influencias naturales y antropogénicas que puedan tener graves repercusiones en la biosfera. Por último, se destacó la gran repercusión que puede tener las actividades relacionadas con la producción y el empleo de la energía, por lo que se señaló que las políticas energéticas futuras estarán estrechamente vinculadas a la cuestión del cambio climático. [14]

5.3. Situación medioambiental actual.

A pesar de las acciones implementadas en línea con las políticas tanto europeas como internacionales, se requiere un esfuerzo considerable para alcanzar un nivel más sostenible en el sector del transporte marítimo. Este impulso crearía un antes y un después con grandes creces con el objetivo de salvaguardar el futuro bienestar y la supervivencia de nuestros ecosistemas y zonas costeras más vulnerables.

Desde tiempos antiguos se conoce que el mundo marítimo abarca un papel crucial en la logística mundial. Hoy en día, en el contexto de la navegación entre los Estados miembros de la UE, se reconoce que el tránsito marítimo es esencial para la economía, para la estabilidad y su correcta funcionalidad ciudadana. Con el 77% del comercio exterior europeo y el 35% del comercio total, es evidente que el transporte

pág. 20

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 6581804 Código de verificación: +A/Afp/z

Firmado por: Antonio Ceferino Bermejo Díaz
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 03/07/2024 01:40:51

naval es una columna vertebral vital de la cadena de suministro internacional. No obstante, puede suceder ciertas fluctuaciones considerables en el sector, como por ejemplo la pandemia global producida en 2019 por el COVID-19. [15]

Por otro lado, se identifica una controversia relacionada con la salud, puesto que las emisiones producidas por los buques mercantes, ya sea tanto los gases de efecto invernadero como los de dióxido de azufre (SO₂), afecta en gran medida a la expansión de enfermedades, una de las más conocidas puede ser el cáncer. Sin embargo, se espera una disminución en las próximas décadas, gracias a la introducción de nuevas leyes y requisitos medioambientales más estrictos. [15]

De otro modo, se observa el ruido subacuático y la introducción de especies alóctonas. La causante de esta energía total procedente de las vibraciones bajo el agua viene dada de forma genérica por los buques portacontenedores, los barcos de pasaje y cisterna, los cuales hacen uso de las hélices laterales como facilidad de maniobrabilidad en el atraque y desatraque de un puerto. Por otra parte, la colonización de especies marinas es un factor del que no se debe olvidar, ya que se introdujo un total de 51 especies de alto impacto para los ecosistemas y las especies autóctonas. [15]

La presencia de vertidos accidentales de gran magnitud es otro desafío para tener en cuenta. Pese a ello, de un total de 18 derrames ocasionados y registrados a nivel mundial desde 2010, únicamente 3 tuvieron lugar dentro de la UE, representando tan solo el 17% del total. Esto sugiere que un mayor control, cumplimiento y conciencia pueden ser factores claves para disminuir aún más las incidencias de contaminación por hidrocarburos. Es importante destacar que, a pesar del incremento gradual en el transporte marítimo de petróleo durante los últimos años, se observa un progreso en la gestión de riesgos relacionados con vertidos. [15]

Finalmente, el transporte marítimo se encuentra en un proceso decisivo para su mejora hacia una industria más sostenible desde una perspectiva económica, social y ambiental. Es por ello por lo que los buques que hacen escala en puertos europeos han reducido su velocidad promedio en un 20% desde 2008, lo que ha resultado en una disminución de las emisiones. [15]

Además, están surgiendo alternativas de combustibles y fuentes de energía no convencionales, como puede ser los biocombustibles, las baterías y el hidrógeno, los

cuales podrían ofrecer una ruta hacia la descarbonización del sector marítimo. El suministro de electricidad en los puertos, donde los buques pueden dejar de hacer uso de sus motores auxiliares y de esa manera poder conectarse a fuentes de energía en tierra mientras se esté atracado, también se presenta como una oportunidad para proporcionar suministro energético limpio y favorable para nuestro espacio. [15]

5.4. Objetivos de la U.E.

A causa de las dificultades nombradas anteriormente, las cuáles se han presentado a mayor escala décadas atrás, la UE abarcó una amplia gama de áreas, desde la protección del medio ambiente hasta la promoción del crecimiento económico inclusivo y sostenible. En consonancia con los principios de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas, la UE se ha embarcado en un ambicioso camino hacia un futuro más próspero, justo y sostenible para todos.

Dentro de esta propuesta se observa la presencia y la colaboración de la OMI. Es evidente que varios aspectos de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) requieren un enfoque sustentable en el sector del transporte para impulsar el comercio y la economía a nivel global. Así que, el Comité de Cooperación Técnica de la OMI ha aprobado un documento que destaca la interconexión entre las actividades de asistencia técnica de la organización y los ODS. [16]

Aunque el ODS 14 es de especial importancia para la OMI, es relevante señalar que muchas otras partes de su trabajo pueden contribuir a la realización de varios objetivos.

El decenio que se avecina, de 2020 a 2030, se perfila como el período crucial para tomar las medidas correspondientes y lograr los Objetivos de Desarrollo Sostenible. Como muestra de compromiso y de organización de los trabajos a cumplimentar, se llevarán a cabo cinco cumbres específicas inmediatamente después de la Asamblea General de la ONU, con la participación de líderes mundiales. Estas cumbres afrontarán temas como la acción climática, la financiación para el desarrollo, la cobertura sanitaria universal y finalmente la revisión de todo el progreso ejecutado. [16]

Entre los objetivos propuestos e implantados a conseguir, se proceden a considerar los de especial relevancia con el proyecto:

Objetivo N.º 3. Salud y bienestar: Hoy en día son más las personas que residen

pág. 22

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 6581804 Código de verificación: +A/Afp/z

Firmado por: Antonio Ceferino Bermejo Díaz
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 03/07/2024 01:40:51

en áreas costeras, con una probabilidad ocupacional cada vez mayor. Por tanto, los tratados impuestos por la OMI desempeñan un papel fundamental en cuanto a la reducción de la contaminación ocasionada por el transporte marítimo, en donde se refleja las emisiones atmosféricas (gases de efecto invernadero), el contenido de azufre de los combustibles pesados, etc. Así que, si la mejoría se produjera, favorecería tanto al medio ambiente como en este caso a la salud de los seres humanos. [16]

Objetivo N.º. 6 Agua limpia y saneamiento: No por abundar con diferencia de agua dulce, significa que el tratamiento y la calidad de este sea adecuado. De hecho, las consecuencias y los actos que lo demuestran son las enfermedades producidas e incluso el fallecimiento de personas relacionadas tanto con la falta de acceso a un suministro de agua seguro como la gestión eficaz de desechos y de vertidos. [16]

Objetivo N.º. 7 Energía asequible y no contaminante: La OMI promueve la cooperación global para mejorar el acceso a la investigación y tecnología de energías limpias. Se enfoca especialmente en la eficiencia energética y en el desarrollo tecnológico avanzado para la creación de combustibles fósiles más sostenibles. Además, impulsa la inversión en infraestructuras energéticas y avances técnicos para la producción de energía no contaminante. [16]

Objetivo N.º. 12 Producción y consumo responsables: Por otra parte, la OMI está vinculada con la reducción de la generación de desechos marinos, incluyendo tanto los desechos operacionales de los buques conforme a lo que dicta en el Convenio MARPOL (Marine Pollution), como el vertimiento de desechos según lo estipulado en el Convenio y Protocolo de Londres, el cual busca controlar todas las fuentes de contaminación marina y prevenir el vertimiento de desechos y otras sustancias dañinas en el mar.

En relación con la gestión de la basura y otros tipos de desechos generados en alta mar, el Convenio MARPOL establece la obligación para los Estados portuarios de ofrecer instalaciones de recepción adecuadas para su tratamiento seguro y apropiado.

Igualmente, se esfuerza por fortalecer las capacidades técnicas en la gestión de aguas residuales tanto a bordo como en los puertos. También, promueve el desarrollo y la adopción de innovaciones más eficientes ambientalmente, el fomento del reciclaje y la promoción de pautas de consumo más sustentables. [16]

pág. 23

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 6581804 Código de verificación: +A/Afp/z

Firmado por: Antonio Ceferino Bermejo Díaz
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 03/07/2024 01:40:51

Objetivo N.º. 13 Acción por el clima: La lucha contra el cambio climático se ha erigido como uno de los principales retos de nuestra época. La OMI, en su calidad de ente regulador del transporte marítimo a nivel global, ha asumido esta tarea implementando una serie de medidas destinadas a controlar las emisiones generadas por esta industria.

Las emisiones de este sector se encuentran regidas por el Anexo VI del Convenio MARPOL, el cual aborda temas relacionados con la contaminación atmosférica, la eficiencia energética y la emisión de gases de efecto invernadero (GEI). [16]

Objetivo N.º. 14. Vida submarina: El mundo de la marina mercante presenta términos de seguridad y protección ambiental. La labor de la OMI se centra en mantener un equilibrio entre las actividades humanas, la preservación de la salud y la diversidad de los mares a largo plazo, contribuyendo de la misma forma a la economía mundial, sin alterar ese cambio generado. De igual manera, garantiza su seguridad desde la construcción del barco hasta su operación y eliminación.

En su compromiso con la protección de los ecosistemas marinos y costeros, se establece zonas especiales y marinas sensibles, trabajando desde la prevención de la introducción de especies invasoras hasta la implementación de medidas para reducir el ruido submarino.

Por último, la OMI prohíbe la descarga de desechos nocivos de los buques y contribuye a la participación en iniciativas contra la basura marina. [16]

5.5. Efectos Negativos Medioambientales de los cruceros.

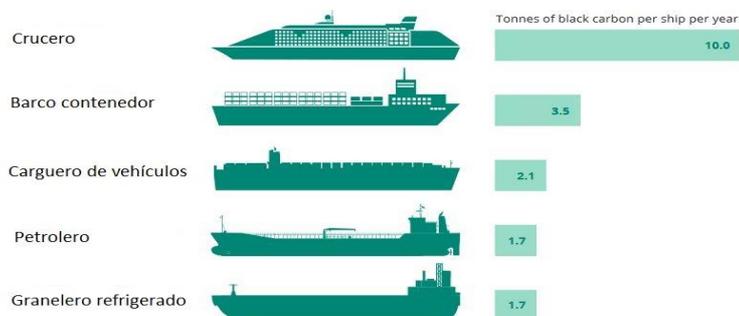
Hasta ahora se ha tratado el tema medioambiental de manera general, es decir, las repercusiones causantes se han globalizado en el transporte marítimo a nivel de cualquier buque mercante, ya que las consecuencias en términos generales afectan de igual manera a nuestro entorno. Sin embargo, se distinguen barcos con mayores niveles de contaminación, y de entre ellos se observa los cruceros. Por tanto, en este contexto, es fundamental analizar los efectos negativos que pueden tener en la naturaleza, desde la contaminación atmosférica hasta la alteración de los ecosistemas marinos.

5.5.1. Contaminación atmosférica:

La polución atmosférica se caracteriza por la existencia en la atmósfera de uno o más agentes contaminantes que, por su concentración y persistencia, pueden causar daños a la salud humana, animales y vegetación.

Varios son los elementos contaminantes que tienen diferentes consecuencias en la calidad del aire, entre ellos los óxidos de nitrógeno (NO_x, NO y NO₂), dióxido de azufre (SO₂), monóxido de carbono (CO), compuestos orgánicos volátiles (CO_v), partículas en suspensión, ozono (O₃), el amoníaco (NH₃), entre otros muchos más. [17]

Emisiones globales de carbono negro por tipo de barco y por año, en toneladas



Source: Comer et al. (2017).

Ilustración 9. Emisiones globales de carbono negro (2017).

Fuente: <https://verdeyazul.diarioinformacion.com/informe-asi-contamina-el-trafico-maritimo-los-mares-europeos.html>

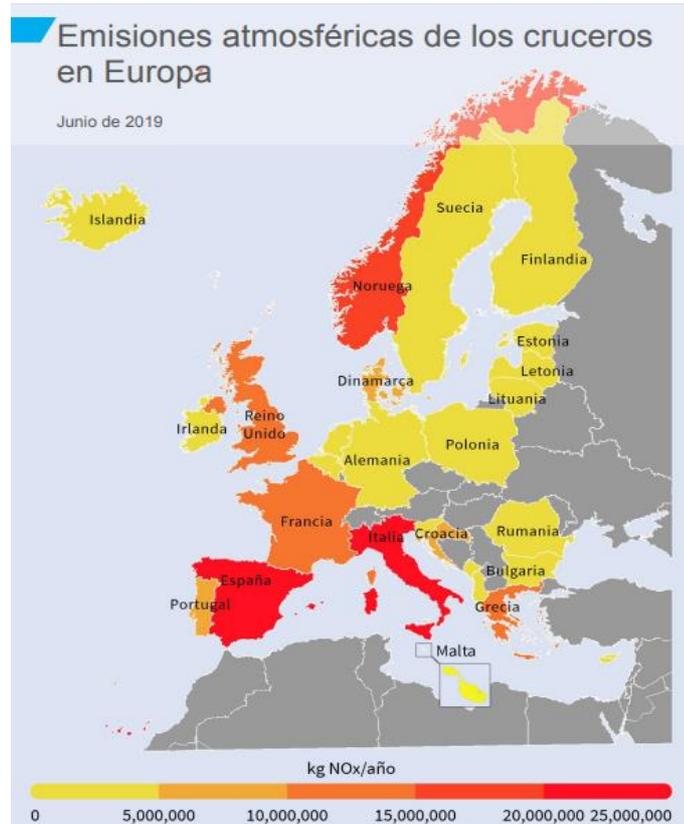


Ilustración 10. Contaminación Atmosférica provocada por los cruceros en aguas europeas (2019).
Fuente: [Microsoft Word - One Corporation to Pollute Them All TE 2019 final 050680 ES.docx \(transportenvironment.org\)](#)

Analizando la Ilustración 6., se puede observar en términos generales que los países de toda Europa que más contaminación atmosférica tuvieron en 2019 a causa de lo producido por los cruceros fueron: España, Grecia, Francia, Italia, Reino Unido y Noruega. Actualmente, estas ubicaciones son sin duda algunas vías cruceristas con alto tránsito de buques cruceros, por lo que las emisiones atmosféricas mayormente se representan de igual manera. A pesar de ello, hay que tener en cuenta que las acciones adoptadas como pueden ser las regulaciones y leyes, la mayor conciencia social y las nuevas tecnologías adquiridas, las emisiones han disminuido, aunque todavía queda mucho trabajo por realizar. De igual manera se puede ver reflejado en la Ilustración 5. las grandes emisiones globales, en este caso de carbono negro generado por los cruceros, teniendo una gran diferencia respecto al resto de buques mercantes.

Por otro lado, la contaminación atmosférica da lugar a otros problemas, tales como el smog fotoquímico y la lluvia ácida.

El smog fotoquímico surge de la formación de ozono en la atmósfera como resultado de reacciones fotoquímicas entre hidrocarburos, compuestos orgánicos volátiles y óxidos de nitrógeno. [17]

Por otro lado, la lluvia ácida se caracteriza por una precipitación con un pH inferior al nivel habitual de la lluvia, que es aproximadamente 5,7. Este fenómeno está vinculado a las emisiones de dióxido de azufre y óxidos de nitrógeno. [17]

5.5.2. Contaminación producida por el combustible:

El uso del combustible siempre se ha considerado como fuente imprescindible para alimentar los diferentes sectores que rodean la economía mundial. Desde la Revolución Industrial hasta la era moderna, los combustibles han impulsado el desarrollo y el progreso tecnológico, proporcionando la energía necesaria para la producción industrial, el transporte, la generación de electricidad, y otros más. No obstante, este beneficio no viene sin un costo ambiental significativo. La combustión de combustibles fósiles libera una variedad de contaminantes atmosféricos que contribuyen a la degradación de la calidad del aire y el cambio climático, llegando a plantear desafíos que requieren atención urgente, como los ya nombrados anteriormente. [18]

A parte de esto, se puede involucrar en este apartado los derrames accidentales de petróleo. Un ejemplo de ello fue el ocurrido en 2018 con el buque "Marella Dream" en el Dique del Oeste, en el Puerto de Palma. Tras el suceso, los servicios de emergencia de la propia Autoridad Portuaria, Salvamento Marítimo y la colaboración del 112 fueron avisados para poder contener el vertido, junto con la ayuda del propio crucero, proporcionando mallas de contención y barreras de absorción. La causa principal fue la filtración entre el tanque de combustible y los tres de lastre, produciéndose la fuga por la popa de la embarcación.



Ilustración 11. Despliegue de barreras de contención por el derrame producido del buque "Marealla Dream"
Fuente: <https://www.diariodemallorca.es/mallorca/2018/05/01/crucero-provoca-vertido-combustible-aguas-3215757.html>

Otro acontecimiento significativo y conocido fue el choque y posterior encallamiento del buque "Costa Concordia" en 2012. En el interior del buque se concentraban 2.380 toneladas de carburante, los cuales tuvieron que achicar debido a la peligrosidad que tenía cerca de las costas de la isla de Giglio (Italia).



Ilustración 12. Vista de alzado del naufragio con la barrera flotante para evitar el vertido de combustible.
Fuente: Elaboración Propia.

En conclusión, todas estas circunstancias suponen efectos devastadores en la

cadena alimentaria marina, interrumpiendo los ciclos naturales y aumentando la vulnerabilidad de las especies marinas frente a enfermedades y otros impactos ambientales.

5.5.3. Contaminación por aguas sucias.

Además de lo visto hasta ahora, se observa la generación diaria de volúmenes masivos de residuos provenientes de inodoros, lavabos, cocinas y duchas a bordo. En teoría, se argumenta que el océano puede depurar estas aguas, pero los impactos negativos en el ecosistema marino son inapelables cuando se trata de abundantes cantidades.

Por este motivo, la OMI ha modificado la legislación existente para prohibir la descarga de aguas residuales al mar. El 10 de octubre de 2022, la OMI anunció la prohibición mundial de verter lodos cloacales en el océano, implementando medidas.

Esta enmienda establece que los buques equipados con sistemas de tratamiento de aguas residuales pueden descargar aguas tratadas a una distancia mínima de tres millas de la costa. Aquellos que carezcan de esta tecnología podrán verter aguas sin tratar a una distancia mínima de doce millas.

Por tanto, esta prohibición tiene sus matices, puesto que seguirán siendo descargadas en alta mar, lo que agota el oxígeno en el agua y promueve la proliferación de algas marinas. Aunque el Mar Báltico está sujeto a una regulación más rigurosa (Capítulo 1. "Generalidades"; Regla 1. "Definiciones"; Apartado 6.1. del Anexo IV del Convenio MARPOL), el problema persiste en cuanto a la gestión de aguas residuales [19].



Ilustración 13. Resumen visual de los contaminantes provocados.
Fuente: 2_marpol_version_consolidada_2022v2.pdf (mitma.gob.es)

5.5.4. Contaminación Acústica.

Los océanos, que solían ser lugares de calma y tranquilidad, están siendo cada vez más afectados por un ruido constante que altera su equilibrio natural. Esta contaminación acústica, resultado de diversas actividades humanas como el sector crucerista, englobando al turismo, el transporte de carga, la navegación recreativa y la producción industrial, se propaga a lo largo de extensiones marinas. Aunque este ruido puede parecer insignificante para nosotros, para la fauna marina, especialmente los mamíferos que dependen del sonido para su comunicación y orientación, sus efectos son considerablemente graves.

Generalmente, las consecuencias por lo que se ven afectados los cetáceos es su modificación drástica de su comportamiento natural. A pesar de que su tolerancia al ruido varía entre especies, mayormente, todas enfrentan dificultades para coordinarse, detectar presas y guiarse en su entorno acústicamente perturbado. Por tanto, esto se traduce en alteraciones en sus rutas migratorias, patrones de buceo y alimentación, con potenciales efectos en los ecosistemas marinos. Además, cuando el nivel de ruido es exagerado, sufren daños auditivos graves como reacciones poco usuales de ver [20].

Investigaciones recientes, como las realizadas por expertos como Christine Erbe del Centro para la Ciencia y Tecnología Marina de la Universidad de Curtin en Australia, han revelado una clara conexión entre eventos de ruido intenso, como el uso de sónar militar y actividades sísmicas, y varamientos masivos de cetáceos. Estas evidencias subrayan la urgente necesidad de abordar y mitigar los impactos de la contaminación acústica en los mares, no solo para proteger la biodiversidad marina, sino también para preservar la salud y el equilibrio de nuestros ecosistemas marinos [16].

pág. 30

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 6581804 Código de verificación: +A/Afp/z

Firmado por: Antonio Ceferino Bermejo Díaz
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 03/07/2024 01:40:51

CAPÍTULO 6. Sistema de tratamiento de aguas sucias.

La gestión de residuos a bordo de los buques, en este caso de los cruceros, se distribuye desde el tratamiento de aguas residuales hasta la gestión de residuos alimentarios. Es por ello, por lo que las navieras de cruceros implementan tecnologías de vanguardia y estrategias operativas con el fin de minimizar su huella ambiental y garantizar el bienestar de todos los pasajeros y tripulantes.

En este ámbito hay que tener en cuenta diversos factores:

- Espacio Limitado.
- Elevado número de tripulantes y pasajeros.

Estos aspectos son los causantes de las preocupaciones ambientales que ha habido y han llevado a regulaciones estrictas internacionales y locales tramitadas generalmente por la Organización Marítima Internacional (con 176 países miembros y tres miembros asociados) y el Convenio Internacional para la Prevención de la Contaminación por Buques (en este caso se está haciendo referencia al Anexo IV: “Reglas para prevenir la contaminación por las aguas sucias de los buques). En ello, se establecen estándares, nombrados anteriormente, para la gestión y eliminación de residuos (en general) al mar, aunque también este control de desechos se puede realizar en tierra [21].



Ilustración 14. Bienvenida al 176º Estado Miembro de la OMI
Fuente: <https://www.imo.org/es/MediaCentre/Paginas/WhatsNew-2046.aspx>

pág. 31

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 6581804 Código de verificación: +A/Afp/z

Firmado por: Antonio Ceferino Bermejo Díaz
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 03/07/2024 01:40:51

6.1. Introducción de las aguas residuales.

De la misma manera que las ciudades de todo el mundo tienen auténticos niveles de partículas contaminantes, llegando a sobrepasar incluso en muchos casos el límite de seguridad para la salud humana marcado por la OMS (Organización Mundial de la Salud), lo son también en las llamadas coloquialmente ciudades flotantes, haciendo referencia a los cruceros. Todo ello, inevitablemente originan desechos, emisiones y residuos perjudiciales para el medio ambiente. Estos abarcan desde materia orgánica e inorgánica causada por los gases de escape hasta las aguas residuales.

Para gestionar eficazmente esta problemática, se implementa un sistema de control ambiental dividido en tres partes distintas. Cada una es encargada de manejar diversos tipos de residuos. Se trata de los siguientes mecanismos:

- Sistema de tratamiento de aguas sucias (aguas negras y grises).
- Sistema de tratamiento de aguas aceitosas y aguas contaminadas.
- Sistema de tratamiento de residuos sólidos (basuras). [21]

En este proyecto la principal área a tratar es el sistema relacionado con las aguas sucias y su integración desde su punto de partida, explicando de forma genérica la procedencia del agua y su progreso, hasta llegar a su desembocadura a la mar junto con su previo tratamiento.

Hay que saber diferenciar entre el término “aguas residuales” y “aguas sucias” del buque. La percepción del concepto de las aguas sucias viene establecida en el Capítulo 1. “Generalidades”; Regla 1. “Definiciones”; Apartado 3 del Anexo IV del Convenio MARPOL, el cuál expresa lo siguiente:

3. Por aguas sucias se entiende:

- *desagües y otros residuos procedentes de cualquier tipo de inodoros y urinarios;*
- *desagües procedentes de lavabos, lavaderos y conductos de salida situados en cámaras de servicios médicos (dispensario, hospital, etc.);*
- *desagües procedentes de espacios en que se transporten animales vivos; o*
- *otras aguas residuales cuando estén mezcladas con las de desagüe arriba definidas. [12]*

No obstante, las aguas residuales aluden a la recopilación de todo tipo aguas

pág. 32

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 6581804 Código de verificación: +A/Afp/z

Firmado por: Antonio Ceferino Bermejo Díaz
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 03/07/2024 01:40:51

contaminantes para el medio que nos rodea, como puede ser las aguas de sentina, aguas grises, aguas de lastre y aguas negras. En consecuencia, se añaden otras contribuciones perjudiciales para el entorno natural. Por consiguiente, la exigencia de un tratamiento obligatorio se vuelve cada vez más justificada.

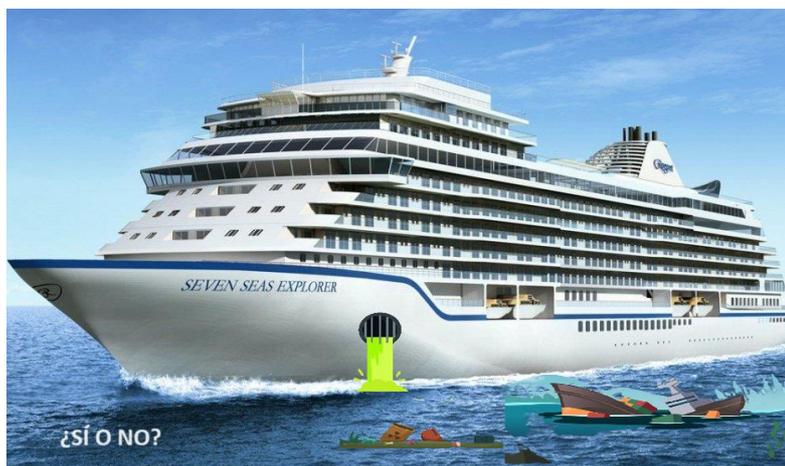


Ilustración 15. Breve análisis visual con el fin de fomentar la sensibilización sobre la contaminación marina.
Fuente: Elaboración Propia

Los argumentos que se pueden alegar en relación con la problemática causada por la contaminación de las aguas residuales lo proporcionan las mismas navieras a través de informes de sostenibilidad. En ellos se publican las últimas actualizaciones y mejoras producidas en los últimos años, sin embargo, no garantiza la completa resolución del dilema actual.

En primer lugar, se presenta la naviera *MSC Cruises*, siendo la cuarta mayor operadora de cruceros del mundo y la segunda en territorio europeo. En el año 2022, los cruceros pertenecientes a dicha empresa dieron lugar a 3.530.867 metros cúbicos de aguas residuales de diversa índole. De esta cuantía, aproximadamente un 65,3 % fue sometido a procesos de depuración mediante los sistemas avanzados de tratamiento de aguas (AWTS: “*Advanced Wastewater Treatment Systems*” se trata del tratamiento de agua potable y aguas residuales, en donde en su interior se presenta productos químicos y biológicos óptimos para maximizar el resultado final), mientras que

un 31,8 % corresponde a las aguas grises. El restante equivale a un 2,6 % de aguas de sentina tratadas y un 0,3 % de aguas de sentina no tratadas.

En un contexto similar, los buques operados por la naviera *Aida Cruises* se destacan por sus esfuerzos en la reducción del consumo de aguas grises. Gracias a la adopción de tecnologías innovadoras, lograron disminuir el consumo de agua en general en un 50 % con respecto al año 2008. Por otro lado, se destaca el eficiente sistema de inodoros a bordo, pertenecientes al tratamiento de aguas negras, los cuales utilizan tan solo un litro de agua por descarga, por efecto de la aplicación del sistema de vacío [22].

6.2. Introducción a las aguas negras y aguas grises.

Anteriormente, se trató diversos términos, los cuáles hacen referencias a las aguas grises y a las aguas negras. La diferencia de estos conceptos es crucial para poder entender la diversificación que realiza el tanque de retención.

6.2.1. Aguas negras.

En un primer plano, se encuentra la presencia de las aguas negras, las cuales son originadas en los retretes y urinarios, transportando consigo materia fecal u orina provenientes de habitación, ya sea de la zona de tripulación o de los pasajeros. Asimismo, por lo general y de acuerdo con lo estipulado en el mismo capítulo y regla del Anexo IV del Convenio MARPOL previamente mencionado, se incluyen los líquidos procedentes de los espacios médicos. [21]



Ilustración 16. Impacto visual de las materias fecales de los cruceros en los océanos.

Fuente: <https://www.youtube.com/watch?v=OjIAk9l6Qw>

Gracias a la fuente de la imagen anterior, el cual enlaza a un vídeo explicativo que detalla el procedimiento que se realiza a las materias fecales de los cruceros, se puede hacer una idea estimada de lo generado en este ámbito. Antes que nada, presenta datos estadísticos y un cálculo aproximado de la cantidad de excrementos producidos por un pasajero. Basándose en que la estancia promedio en un crucero es de 7 días y que el barco puede transportar alrededor de 3000 pasajeros, se considera que una persona produce aproximadamente 3 kilogramos de desechos durante ese periodo. En consecuencia, el total desencadenado por todos los miembros a bordo asciende a 9 toneladas. Es importante tener en cuenta que esta estimación no incluye la orina ni el agua utilizada para su eliminación.

Por otra parte, los desechos clínicos que hayan sido empleados en instancias de salud o emergencias requieren un tratamiento especial debido a la posible presencia de gérmenes patógenos o residuos de medicamentos. Únicamente los restos provenientes de actividades sanitarias libres de contaminación o desperdicios medicinales podrían someterse al mismo tratamiento que los residuos de características similares generados en otras partes del buque. [21]



Ilustración 17. Retirada de las aguas residuales del buque mediante los medios de tierra (Camión Cisterna).
Fuente: Elaboración Propia.

6.2.2. Aguas grises.

A continuación, se observa las aguas grises, que corresponden a los residuos líquidos provenientes de actividades domésticas como la lavandería, lavavajillas e higiene personal. Estas aguas se caracterizan por ser descargas de lavabos, duchas y otros complementos. [21]

6.3. Procedencia del agua general.

Un crucero moderno no puede funcionar sin un suministro adecuado de agua dulce, indispensable tanto para las necesidades hoteleras a bordo, ya sea para las cocinas, lavanderías y limpieza, como para los sistemas técnicos, incluyendo la producción de vapor, calefacción, refrigeración, sistemas de rociadores de habilitación y fines recreativos como piscinas, spa y jacuzzis. Por consiguiente, es esencial que estos buques dispongan de instalaciones para la generación y almacenamiento de agua dulce.

Existen dos métodos principales utilizados para producir agua dulce a bordo: los evaporadores de vacío y las plantas de ósmosis inversa. Los evaporadores de vacío generan agua dulce utilizando el agua de refrigeración de los motores diésel instalados en el buque (u otra fuente de calor, como el vapor). No obstante, este método presenta la desventaja de requerir que los motores del buque estén en funcionamiento y de necesitar un espacio notable, generalmente cerca o dentro de la sala de máquinas. [22]

En contraste, las plantas de ósmosis inversa producen agua dulce a partir del agua de mar y se almacenan en tanques compactos que ocupan mucho menos espacio que los evaporadores. Además, no dependen de los motores diésel, ya que solo consumen electricidad. Estos sistemas suelen operar en dos fases: una destinada a usos recreativos y otra para el consumo general del crucero. [22]

Del mismo modo, los cruceros que realizan rutas con múltiples escalas y tiempos de atraque prolongados en cada puerto pueden aprovechar las instalaciones portuarias para abastecerse de agua dulce. La infraestructura portuaria ofrece facilidades para la conexión al sistema de distribución de agua, pero es imprescindible analizar la calidad del agua proporcionada y emitir una declaración escrita que incluya el contenido de cloro y el pH. [22]

Por otro lado, el agua de las duchas se drena por gravedad hacia unidades intermedias conocidas como válvulas de aguas grises. Esta unidad está compuesta por un pequeño tanque conectado al sistema de tuberías de vacío a través de una válvula de descarga, la cual se abre automáticamente gracias al uso de señales de sensores de nivel. Posteriormente, son transferidas a la planta de tratamiento de aguas sucias, donde ambas se almacenan y se someten a los procesos de tratamiento que se explican a continuación. [23]

6.5. Planta de tratamiento de aguas sucias.

6.5.1. Introducción al estudio realizado.

Una vez adquirida toda la información previamente nombrada, se va a proceder al estudio íntegro del funcionamiento del sistema de tratamiento de aguas sucias. En este proyecto, la referencia que se ha tomado ha sido a raíz de un buque crucero que tiene un límite de 1.000 pasajeros, es decir, dentro de su clasificación, se consideraría un buque crucero pequeño. Asimismo, se contempla que no hay variaciones en el número de tripulantes, por lo que la cifra mencionada permanece constante.

Por lo general, en los cruceros de gran calado, se implementan dos o más plantas de tratamiento de aguas sucias que deben estar interconectadas y operar como un respaldo de la otra. Esta disposición se realiza con el fin de asegurar la capacidad adecuada para gestionar todas las aguas negras generadas en el buque, y lo mismo se aplica a las aguas grises. En este caso, el ejemplo del buque que se va a analizar contiene dos plantas, ambas con el mismo funcionamiento.

Fundamentalmente el propósito del equipo es generar un circuito de vacío en los colectores de las aguas fecales negras del buque, para posteriormente tratarlas y descargarlas según los criterios y recomendaciones internacionales mencionados anteriormente. De igual manera sucedería con las aguas grises, es decir, se origina un circuito de vacío en los colectores de estas aguas, y luego se acumula, se desinfecta y finalmente terminan siendo descargadas automáticamente. Obviamente, para que todo ello esté operativo hace falta un mantenimiento periódico y la realización de las pruebas correspondientes. De esa manera, se evita cualquier avería y malos olores en los alrededores.

Asimismo, estructuralmente es una unidad que se puede ver afectada por los

pág. 38

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 6581804 Código de verificación: +A/Afp/z

Firmado por: Antonio Ceferino Bermejo Díaz
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 03/07/2024 01:40:51

movimientos verticales del buque, dando lugar a esfuerzos locales elevados, debido a la gran masa de líquido contenido en su interior. Por esta razón, dispone de un soporte adecuado a su estructura, evitando así una deformación o rotura por flexión.

6.5.2. Descripción general.

La marca de la planta de tratamiento utilizada en este estudio es *Facet STP/ VTP (Facet International)*. Esta instalación comprende un tanque general que está dividido por medio de mamparos en varios depósitos interconectados a través de tuberías y con un sistema de suministro de aire con el fin de ayudar a la circulación de líquido y reactivación de las reacciones biológicas aeróbicas. Además, incluye un método de inyección de cloro para de esa forma desinfectar en la última etapa antes de ser descargadas. [24]

La planta ecológica se compone por diversos elementos, cada uno con funciones específicas que garantizan su operatividad. La estructura principal es el tanque de retención donde se almacena y se lleva a cabo la operación. Este tanque está fabricado en chapa de acero y cuenta con **baffles**, tuberías y mamparos cuya estanqueidad se verifica mediante pruebas de presión hidrostática. Las superficies están protegidas mediante pinturas *Epoxy*, aplicadas según un tratamiento especial. Internamente, el tanque está dividido en 3 compartimentos. Según el orden del proceso son:

1. Cámara de Aireación.
2. Cámara de Decantación.
3. Cámara de Desinfección.

En primer lugar, se observa el sistema de aireación, el cual está constituido por tuberías, válvulas e interconexiones necesarias para la distribución y el control del flujo de aire suministrado a los difusores y al sistema de recirculación de lodos. El aire se emplea para conseguir agitación en la cámara de aireación activando la oxidación de reducción biológica y para generar el flujo de recirculación de lodo activo. El aire requerido para que este proceso se efectúe de forma adecuada puede provenir de dos fuentes: del sistema de aire comprimido del buque o de la propia planta. En este último caso, el mecanismo puede estar equipado con uno o más soplantes, que regulan automáticamente la presión. No obstante, es prudente disponer de un equipo de reserva para casos de fallo, por lo cual la conexión con el sistema de aire del buque resulta beneficiosa. [24]

pág. 39

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 6581804 Código de verificación: +A/Afp/z

Firmado por: Antonio Ceferino Bermejo Díaz
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 03/07/2024 01:40:51

Tras esto, se accede a la cámara de decantación, donde se lleva a cabo la separación de los componentes según sus densidades. Los elementos más densos se asientan en el fondo del decantador debido a la fuerza de gravedad, mientras que el líquido previamente filtrado y clarificado se encuentra en la superficie. Por consiguiente, este proceso garantiza que solo el agua contenida en su interior avance al siguiente procedimiento. [24]

Seguidamente, se presenta el sistema de desinfección que está diseñado con el propósito de lograr la destrucción de las bacterias coliformes presentes en el efluente. Este método consta de un tanque de almacenamiento de la solución clorada de hipoclorito de sodio, el cual está construido en polietileno para garantizar su durabilidad y resistencia.

El proceso de descarga del desinfectante puede suministrarse de dos formas:

- A. Con una bomba dosificadora de cloro de caudal regulable para conseguir la cantidad de hipoclorito requerida en el efluente.
- B. Dosificación por gravedad regulada mediante una válvula dosificadora.

Finalmente, se efectúa el procedimiento de descarga, que puede realizarse en este caso a través de tres métodos:

- A. Descarga por gravedad.
- B. Descarga por medio de una o dos bombas centrífugas que aspiran directamente de la cámara de desinfección.
- C. Instalación de una estación de bombeo con una o dos bombas sumergibles.

Estos dos últimos sistemas van provistos de detectores de nivel que permiten la actividad automática de las bombas. Esta funcionalidad garantiza un proceso de descarga eficiente y controlado, adecuado para las necesidades específicas de cada situación. [24]

Es importante destacar que toda esta operación es ejecutada mediante un panel de control que está alimentado de energía eléctrica, resultante de los motores auxiliares del buque.



Ilustración 19. Panel de Control de la planta de tratamiento.
Fuente: Elaboración Propia del buque.

6.5.3. Operación interna del sistema.

Tras la descripción previa del funcionamiento general del sistema, se obtiene una comprensión básica de los procedimientos a los que se someten estas aguas. A continuación, se detallará la operativa específica que se efectúa dentro de la planta.

Ante todo, se parte desde la base, comenzando con la cámara de aireación, donde las aguas sucias son introducidas dentro del compartimento a través de una rejilla diseñada para la retención de los sólidos. Es en este punto donde se inicia el ciclo integral de reducción biológica.

Posteriormente, el influente que contiene las bacterias aeróbicas y compuestos orgánicos que las sustentan es introducido en un entorno turbulento, enriquecido con oxígeno. El aire a baja presión se suministra mediante difusores de acero inoxidable situados cerca del fondo de la cámara de aireación. En estos difusores se generan pequeñas burbujas de aire que producen rotura mecánica de los sólidos en pequeñas partículas, incrementando así la superficie de contacto entre las bacterias y el oxígeno incorporado. De esta manera se pone en marcha la bioreducción de sólidos con desprendimiento de dióxido de carbono y otros componentes. [24]

Durante esta fase las bacterias forman unas pequeñas colonias alrededor de las partículas de materia orgánica en suspensión, y luego se trasladan al sector de

decantación a través de un baffle de transferencia ubicado entre las dos cámaras. Este espacio está totalmente lleno de líquido, habiendo sido evacuado con anterioridad todo el aire gracias a la válvula de desaireación durante el proceso de llenado, y opera bajo presión hidrostática debido a la diferencia del nivel entre la cámara de aireación y la de decantación. Esto permite un mecanismo más eficiente de la formación de lodos con alta concentración bacteriana, conocidos como lodo activo. El líquido de la zona superior del tanque de decantación se dirige a través de un colector hacia la cámara de desinfección, como última etapa del sistema. [24]

Respecto al lodo activo presente en la cámara de decantación, este se recircula a la cámara de aireación de manera periódica, conforme a las señales emitidas por el temporizador hacia la válvula solenoide. La velocidad de recirculación es ajustable mediante las válvulas de aire, adaptándose a las variaciones del sistema del buque.

Por otra parte, el líquido clarificado se desplaza a través del colector hacia la sección de desinfección. Este paso también contribuye a mantener el nivel de líquido en la cámara de aireación. Asimismo, la amplia abertura del colector previene obstrucciones o reducciones en el flujo. Una vez se efectúe este procedimiento, se añade la disolución clorhídrica de manera continua. Por último, el efluente se descarga al mar, ya sea por gravedad o con la ayuda de bombas. [24]

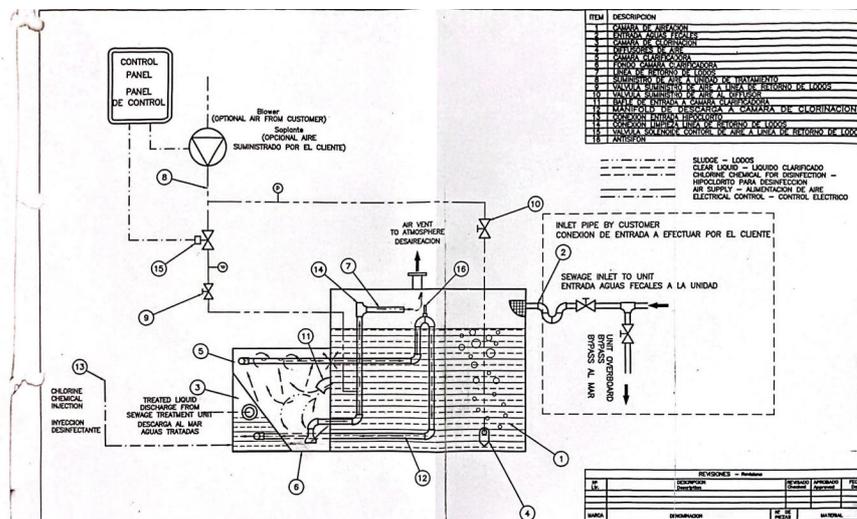


Ilustración 20. Plano general del funcionamiento de la planta de tratamiento de aguas sucias.
 Fuente: Planos propios del buque.

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
 La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 6581804 Código de verificación: +A/Afp/z

Firmado por: Antonio Ceferino Bermejo Díaz
 UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 03/07/2024 01:40:51

6.5.4. Mantenimiento de la planta ecológica.

El mantenimiento adecuado de las plantas de tratamiento de aguas sucias es crucial para garantizar su eficacia operativa y el cumplimiento de los estándares ambientales. Por tanto, en este contexto se abordarán los procedimientos preventivos destinados a prolongar la vida útil de estos sistemas.

Primeramente, es fundamental considerar que la unidad, al no poseer partes móviles aparte de las bombas operativas y el soplador de aire (si está provisto), está exenta de problemas mecánicos significativos. Sin embargo, para garantizar un funcionamiento constante y fiable, es imprescindible llevar a cabo inspecciones periódicas y un mantenimiento conforme a lo establecido en la tabla que se presenta en la página siguiente (Tabla 1). [24]

En esta sección, se detallarán algunos de los procedimientos de mantenimiento general de la planta, que abarcan lo siguiente:

- Realización de pruebas en el efluente.
- Ejecución de reparaciones necesarias.



Ilustración 21. Mantenimiento general de la planta ecológica.
Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 1. Mantenimiento periódico de la planta de tratamiento de aguas sucias.

	Operación	Procedimiento	Frecuencia			
			Diario	Semanal	Trimestral	Anual
1	Apariencia General.	Comprobar visualmente si hay alguna pérdida. La unidad debe estar seca exteriormente.	X			
2	Pruebas del efluente.	Comprobar pH, oxígeno disuelto y cloro residual.		X		
3	Rejilla.	Limpieza general.		X		
4	Válvula de venteo en cámara de decantación.	Abrir válvula para purgar el aire hasta que fluya el líquido. Cerrar la válvula.		X		
5	Sistema de cloro.	Comprobar el líquido del tanque.	X			
		Comprobar la válvula y el filtro en el tanque. Deben estar limpios.	X			
		Retirar la boquilla de inyección y comprobar que sale el líquido.	X			
		Cambiar aceite en el inyector.			X	
6	Sistema de aireación.	Comprobar la presión.	X			
		Comprobar válvula regulación de presión.		X		
		Engrase del compresor.		X		
		Cambiar aceite del compresor.			X	
		Comprobar el nivel de aceite del compresor y añadirle el aceite requerido.		X		
7	Aire suministrado por el crucero.	Sacar el agua del filtro.		X		
		Comprobar el manómetro.		X		
8	Todas las cámaras.	Drenaje y limpieza.				X
9	Retirada periódica de lodos.					X

NOTA: Está referido gracias al apoyo de los manuales del propio buque. [24]

Al realizar las pruebas del efluente, es crucial mantener una alta eficacia. Por ello, es fundamental llevar a cabo comprobaciones periódicas. En particular, se deben inspeccionar tres parámetros claves:

- pH.
- Oxígeno disuelto.
- Cloro residual.

La localización de los valores correcto para su adecuado mantenimiento se describe en la siguiente tabla (Tabla 2). [24]

Tabla 2. *Parámetros adecuados de diferentes pruebas.*

Prueba	Situación	Promedio
pH	Cámara Decantación	6.8 – 8.0
Oxígeno Disuelto	Cámara Aireación	0 – 10.0 ppm
Cloro Residual	Cámara de desinfección	0 – 3.5 ppm

NOTA: Esta referido gracias al apoyo de los manuales del propio buque. [24]

El pH es un indicador de capacidad de acidez o alcalinidad en el sistema, y como se especifica en la tabla, su rango óptimo debe estar entre 6.8 y 8.0. [24]

A su vez, el oxígeno disuelto determina el crecimiento de bacterias, por lo que si el resultado de prueba en la cámara de aireación baja de 6.0, hay que aumentar el flujo de aire. [24]

Finalmente, el residuo de cloro es necesario para eliminar los coliformes fecales, es decir, el grupo de bacterias asociado a los desperdicios humanos. Así que, en caso de que las pruebas de cloro son menores de 1.0 ppm, hay que incrementar el caudal de la bomba de inyección; y si es mayor de 2.0 ppm, hay que disminuirlo. [24]

Para poder ejecutar estas pruebas rutinarias, se proporciona un Kit de pruebas que, gracias a las instrucciones completas de su uso y a los indicadores que proporcionan una lectura exacta del resultado, facilitan la utilidad del mantenimiento.

Para terminar, otro punto a señalar son las reparaciones que se le pueden realizar a la planta. Un ejemplo puede ser la adecuada selección, preparación e instalación de las juntas y cierres de estanqueidad después de cualquier desmontaje, asegurándose de que todas las superficies queden totalmente limpias y libres de cualquier suciedad. También se le debe aplicar antes de la instalación una capa fina de grasa de silicona a la junta para facilitar el montaje. Otro caso que se puede añadir es el reemplazo de componentes eléctricos, teniendo cuidado al hacer las conexiones ya sean soldadas o atornilladas y revisando que todos los elementos estén correctamente aislados para evitar un corto circuito. [24]



Ilustración 22. Pruebas del pH del efluente.
Fuente: Elaboración Propia.



Ilustración 23. Mantenimiento preventivo de las válvulas del sistema de recirculación.
Fuente: Elaboración Propia.

CAPÍTULO 7. Propuestas de posibles mejoras.

En este apartado se va a representar algunas propuestas de mejora para mitigar la contaminación marina tratándola en todo su ámbito general, es decir, teniendo en consideración todos los efectos contaminantes en nuestro medio que ya han sido nombrados previamente. También se presenta propuestas de posibles avances tecnológicos con el mismo propósito.

- **Cooperaciones Internacionales:**

En este ámbito se pueden fortalecer y ampliar los acuerdos internacionales para una mayor protección de los océanos, como el claro ejemplo que ya ha sido mencionado reiteradamente en el proyecto, el MARPOL. Además, la fomentación de proyectos de investigación y conservación marina junto con el intercambio de conocimientos y tecnologías entre todos los países implementaría soluciones efectivas y adaptables. Al fin y al cabo, las consecuencias de toda esta problemática afectan a todos los seres vivos, por lo que una cooperación mutua es lo menos que se podría hacer para tener una mejor estabilidad ambiental.

- **Reducción de la Contaminación por Hidrocarburos a través del Control de la Velocidad de los Buques:**

El control de la velocidad de las embarcaciones representa una estrategia viable y efectiva para reducir la contaminación por hidrocarburos en los océanos. Mediante la implementación de zonas de baja velocidad, la optimización de rutas y un monitoreo constante, es posible minimizar la liberación de hidrocarburos al mar y proteger los ecosistemas marinos.

1. Implementación de Zonas de Baja Velocidad:

Designar zonas de baja velocidad en áreas oceánicas sensibles, como por ejemplo las áreas de reservas marinas y establecer límites de velocidad estrictos para los buques que naveguen por esas regiones.

2. Programas de Optimización de Rutas:

Desarrollar e implementar programas para optimizar las rutas de navegación para que de esa forma permitan minimizar el tiempo de tránsito y el consumo de combustible.

pág. 47

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 6581804 Código de verificación: +A/Afp/z

Firmado por: Antonio Ceferino Bermejo Díaz
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 03/07/2024 01:40:51

3. Monitoreo y Evaluación:

Establecer sistemas de monitoreo de velocidad y emisiones para asegurar el cumplimiento de las regulaciones y evaluar su efectividad. [25]

- **Uso de “Scrubbers” para la reducción de Gases de Efecto Invernadero en los motores:**

Como bien se observó anteriormente, la industria marítima es una de las principales contribuyentes a las emisiones de gases de efecto invernadero, como el dióxido de azufre y los óxidos de nitrógeno. Los “scrubbers” o también llamados depuradores de gases de escape se han implementado como una tecnología eficaz para reducir estas emisiones y mitigar su impacto ambiental.

Los “scrubbers” son sistemas instalados en las chimeneas de los barcos que eliminan los contaminantes de los gases de escape antes de que sean liberados a la atmósfera. Funcionan utilizando procesos de absorción y reacción química para capturar y neutralizar sustancias nocivas.



Ilustración 24. Sistema de “Scrubbers” en los buques.

Fuente: <https://ecodes.org/hacemos/cambio-climatico/incidencia-en-politicas-publicas/por-un-transporte-maritimo-limpio/scrubbers-solucion-o-problema>

La incorporación de estos sistemas en los buques supone un gran gasto para las navieras, por lo que proporcionarles incentivos económicos, como subvenciones y créditos fiscales, acelerarían la adopción de la tecnología. Una vez se haya adquirido, se podría establecer regulaciones que requieran el uso de “scrubbers” en zonas marítimas específicas con altos niveles de tráfico y sensibilidad ambiental. Todo ello, estaría de la mano de un monitoreo continuo para asegurar que su operación sea eficaz

y cumpla con las normas de emisiones establecidas. Por último, el fomento de esta tecnología y su desarrollo podría incluir su mejora, la optimización de procesos y la integración con otras tecnologías de reducción de emisiones. [26]

- **Sistema Integrado de Drones y Boyas Inteligentes para la Detección y Mitigación de Contaminantes Marinos.**

Este caso proporciona una solución avanzada que combina tecnología de vanguardia con el fin de abordar de manera proactiva y eficiente la contaminación marina. Este sistema utiliza drones aéreos y submarinos junto con boyas inteligentes equipadas con sensores para monitorear, detectar y mitigar la presencia de contaminantes en los océanos.

Los drones están equipados con cámaras de alta resolución y sensores ambientales, pudiendo detectar manchas de hidrocarburos, acumulaciones de basura y otros contaminantes visibles desde el aire en las áreas costeras y oceánicas. [27]

Además, los drones submarinos, son capaces de operar a diversas profundidades, y están equipados con sensores químicos y biológicos que analizan la calidad del agua en tiempo real, detectando contaminantes como metales pesados, micro plásticos, y otros desechos. [27]

Por otra parte, las boyas inteligentes, poseen sensores integrados los cuáles están equipados con el fin de medir parámetros como la temperatura, salinidad, pH, oxígeno disuelto, y la presencia de contaminantes específicos. Todo ello está conectado a través de una red de Internet, permitiéndole una transmisión continua de datos a una central de monitoreo. [27]



Ilustración 25. Boya inteligente para monitorear el mar.

Fuente: <https://noticiasdelaciencia.com/art/45266/boya-inteligente-para-monitorizar-el-mar>

En conclusión, el conjunto de estas tecnologías permite una vigilancia constante y extensiva de las áreas costeras, asegurando que los contaminantes sean detectados rápidamente. Por lo que, las colaboraciones con gobiernos y organizaciones ambientales son esenciales para financiar y desarrollar la infraestructura. A medida que la tecnología avanza, el sistema puede integrarse con otras iniciativas de conservación marina, creando una red global de protección oceánica.

- **Incorporación de Luces Ultravioleta para la Desinfección y Clarificación del agua en las Plantas de Tratamiento.**

La calidad del agua tratada en las plantas de tratamiento de aguas sucias es crucial para la protección del medio ambiente y la salud pública, siendo estos uno de los principales objetivos ya mencionados anteriormente de la UE. Como consecuencia, tras haber observado que el hipoclorito sódico ha sido utilizado como agente desinfectante para eliminar patógeno, se ve reflejada una innovación que lleva a cabo a la incorporación de luces ultravioleta como una mejora significativa en el proceso de desinfección y clarificación del agua.

Las luces ultravioletas desinfectan el agua mediante la emisión de radiación ultravioleta que daña el ADN de los microorganismos, impidiendo su reproducción y eliminando su capacidad infecciosa. Por tanto, a diferencia del hipoclorito sódico, esta nueva adquisición presenta ausencia de subproductos nocivos para el medio, posee una gran eficiencia en la desinfección, mejora la clarificación del agua y finalmente estos sistemas son seguros de operar y no requieren el manejo de productos químicos peligrosos. [28]

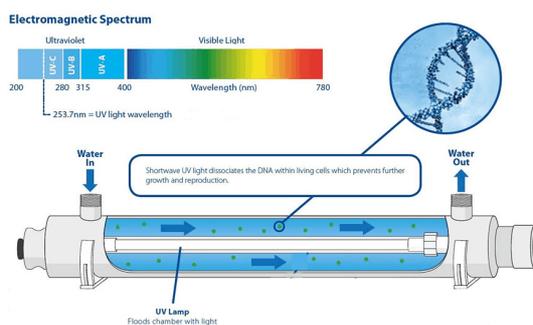


Ilustración 26. Incorporación de luces ultravioletas en la planta de tratamiento de aguas sucias.
Fuente: <https://www.bluegold.es/es/luz-ultravioleta-para-la-purificacion-del-agua-residual/>

CAPÍTULO 8. Conclusión.

En el presente Trabajo de Fin de Grado se han abordado los efectos contaminantes perjudiciales para nuestro entorno, con un enfoque particular en el sistema de tratamiento de aguas sucias a bordo de los cruceros. Este tema, a menudo subestimado y poco conocido, ha demostrado ser crucial para la protección del medio ambiente marino y la salud pública, especialmente dado el crecimiento significativo del turismo en los cruceros en las últimas décadas.

Este análisis relacionado con la planta ecológica ha revelado aspectos técnicos y operativos que pueden resultar desconocidos para quienes no han tenido la oportunidad de vivir una experiencia a bordo. En la investigación realizada se ha profundizado en su funcionamiento, destacando la importancia de la innovación tecnológica y el mantenimiento adecuado para asegurar su eficacia y minimizar el impacto ambiental.

La integración de la operativa en el estudio realizado tiene como objetivo principal dejar una huella positiva en la gestión de aguas sucias, en este caso, de un crucero pequeño, teniendo un máximo de 1000 pasajeros, y de esa manera promover la adopción de tecnologías más productivas y menos contaminantes. Este esfuerzo no solo busca reducir la contaminación marina, sino también contribuir al desarrollo sostenible de la industria de los cruceros.

Es fundamental destacar que la concienciación social, junto con un mayor control y cumplimiento de las normativas ambientales, son claves para lograr una mejora notable en la calidad de vida y la preservación de los recursos naturales. La educación y sensibilización sobre estos temas deben ser prioritarias para fomentar una cultura de responsabilidad y compromiso ambiental.

En resumen, este proyecto no solo ofrece un estudio referente al tratamiento de aguas sucias en los cruceros, sino que también resalta la importancia de la innovación y la mejora continua en la lucha contra la contaminación marina.

CHAPTER 8. Conclusion.

In this Final Degree Project, harmful pollutant effects on our environment have been addressed, with a particular focus on the dirty water treatment system on board cruise ships. This topic, often underestimated and little – known, has proven crucial for protecting marine environments and public health, particularly given the significant growth of tourism in the cruise industry in recent decades.

This analysis of the ecological treatment plant has unveiled technical and operational aspects that may be unfamiliar to those without firsthand experience onboard. The research delved into its operation, emphasising the importance of technological innovation and proper maintenance to ensure effectiveness and minimize environmental impact.

The integration of operational procedures in the study aims primarily to leave a positive footprint in managing wastewater, specifically from a small cruise ship accommodating up to 1000 passengers, thereby promoting the adoption of more productive and less polluting technologies. This effort not only aims to reduce marine pollution but also to contribute to the sustainable development of the cruise industry.

It is crucial to emphasize that social awareness, coupled with enhanced environmental regulation compliance and oversight, are key to achieving significant improvements in quality of life and natural resource preservation. Education and awareness – raising on these issues should be prioritized to foster a culture of environmental responsibility and commitment.

In summary, this project not only presents a study on wastewater treatment in cruise ships but also underscores the importance of innovation and continuous improvement in combating marine pollution.

pág. 52

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 6581804 Código de verificación: +A/Afp/z

Firmado por: Antonio Ceferino Bermejo Díaz
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 03/07/2024 01:40:51

CAPÍTULO 9. Bibliografía.

- **Libros.**

[12] Anexo IV del Convenio MARPOL: “Reglas para Prevenir la Contaminación por las Aguas Sucias de los Buques”

- **Manuales.**

[23] Manual de Fontanería del propio del buque: “*Vacuum Systems*” Modelo: *Vacuum Toilet Evac 90*.

[24] Manual de la Planta de Tratamiento de Aguas sucias del propio buque. Modelo: *Facet STP/ VTP (Facet International)*.

- **Páginas Web.**

[1]. [*FAL.3-Circ.215 - Manual Explicativo Del Convenio Para Facilitar ElTráfico Marítimo Internacional, 1965, Enm... \(Secretaría\).pdf](#)

[2] <https://www.rae.es/diccionario-estudiante/crucero>

[3] [La historia de los cruceros | Red Social de Cruceros | Nudoss.com](#)

[4] [La Historia y Evolución de los Cruceros: Hasta los Barcos Modernos – Centro Mundial de Cruceros](#)

[5] [Los Mejores Cruceros Transatlánticos \(mundomarcruceros.com\)](#)

[6] [Clasificación de barcos de crucero y navieras - #1TOP \(cruceroadicto.com\)](#)

[7] [Cruceros de expedición, guía completa para los aventureros \(internationalcruises.mx\)](#)

[8] [Los cruceros más exclusivos, reservados a un número limitado de pasajeros \(lavanguardia.com\)](#)

[9] [12-La industria de cruceros\(WEB\) \(valenciaport.com\)](#)

[10] [https://www.imo.org/en/about/Conventions/Pages/International-Convention-for-the-Prevention-of-Pollution-from-Ships-\(MARPOL\).aspx](https://www.imo.org/en/about/Conventions/Pages/International-Convention-for-the-Prevention-of-Pollution-from-Ships-(MARPOL).aspx)

[11] <https://www.itopf.org/>

pág. 53

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 6581804 Código de verificación: +A/Afp/z

Firmado por: Antonio Ceferino Bermejo Díaz
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 03/07/2024 01:40:51

- [13] [sobre la historia de la sostenibilidad ambiental. Por María Emilia Burgos \(equilibriumglobal.com\)](https://equilibriumglobal.com)
- [14] [Arcimis: La conferencia mundial sobre el clima: Ginebra, febrero de 1979 \(aemet.es\)](https://aemet.es)
- [15] <https://www.eea.europa.eu/es/highlights/el-transporte-maritimo-en-la>
- [16] [La OMI y los Objetivos de Desarrollo Sostenible \(imo.org\)](https://imo.org)
- [17] [mejor ejemplo de contaminación del aire es el smog que ocurre en muchas ciudades de todo el mundo \(uco.es\)](https://uco.es)
- [18] [Contaminación por la Industria Naval - Oceana Europe](https://oceana.org)
- [19] [Prevención de la contaminación por las aguas sucias de los buques \(imo.org\)](https://imo.org)
- [20] <https://www.muyinteresante.com/naturaleza/63347.html>
- [21] <https://exponav.org/blog/puertos-y-buques/sistemas-de-tratamiento-de-aguas-residuales-a-bordo/>
- [22] <https://www.cruisesnews.es/2023/09/13/gestion-del-agua-en-buques-de-crucero/>
- [25] <https://www.imo.org/es/MediaCentre/HotTopics/Pages/Reducing-greenhouse-gas-emissions-from-ships.aspx>
- [26] https://www.anave.es/images/tribuna_profesional/2019/tribuna_bia0219.pdf
- [27] <https://noticiasdelaciencia.com/art/45266/boya-inteligente-para-monitorizar-el-mar>
- [28] <https://www.bluegold.es/es/luz-ultravioleta-para-la-purificacion-del-agua-residual/>

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 6581804 Código de verificación: +A/Afp/z

Firmado por: Antonio Ceferino Bermejo Díaz
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 03/07/2024 01:40:51