



Universidad de La Laguna

REMOLQUES Y SALVAMENTO EN ESPAÑA Y AGUAS INTERNACIONALES

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

Grado Náutica y Transporte Marítimo

Autor: Antonio Matos Aguado

Tutor: Antonio Ceferino Bermejo Díaz

La Laguna, marzo 2020



PROPUESTA DE TRABAJO FIN DE GRADO
CURSO 2019/2020

De la titulación:
Grado en Náutica
y Transporte
Marítimo

Alumno: *Antonio Melchior Aguado*

*TÍTULO PROPUESTO: Remolques y Salvamento en España y Aguas Internacionales

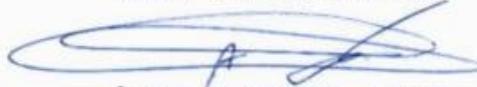
Tutor-Coordenador:Antonio Ceferino Bermejo Díaz
Titulación: Grado en Náutica y Transporte Marítimo Área de conocimiento:
Departamento de la ULL:
Correo-e: abermejo@ull.edu.es Tfno.: 922319790
Tutor: Antonio Ceferino Bermejo Díaz
Titulación: Grado en Náutica y Transporte Marítimo
Área de conocimiento: CC y TT Navegación
Departamento de la ULL: Ingeniería Agraria, Náutica, Civil y Marina
Correo-e: abermejo@ull.es Tfno.: 922319790

Resumen (Breve descripción)

Remolques y Salvamento en España y Aguas Internacionales

*Impreso a rellenar, en el caso de trabajos ofertados y no acordados previamente con el alumno

La Laguna, a 23 de enero de 2020


ANTONIO C. BERMEJO DIAZ
42 052.531-K

(Firma de los tutores)

SR. PRESIDENTE DE LA COMISIÓN DE TRABAJOS FIN DE GRADO

IMPRESO P01A
Propuesta trabajos ofertados

ÍNDICE

CONTENIDO:

1. OBJETIVOS	10
1.1. OBJETIVO GENERAL	10
1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	10
2. INTRODUCCIÓN	11
2.1. INTRODUCCIÓN AL RESCATE	11
3. REMOLQUE Y TIPOLOGÍA	11
3.1. PROTOCOLOS DEL REMOLQUE: INTRODUCCIÓN	11
3.1.1. Objetivos	11
3.1.2. Programación de entrenamientos	12
3.1.3. Desarrollo de los entrenamientos	12
3.1.4. Elementos de maniobra	12
3.2. CLASIFICACIÓN DE LOS REMOLQUES	12
3.2.1. Comprobación del aparejo de remolque	12
3.2.2. Tipología	13
3.2.2.1. Remolque normal	13
3.2.2.2. Remolque por retorno	14
3.2.2.3. Remolque buque no tripulado	15
3.2.2.4. Remolque de emergencia por peligro de varada de un buque con tripulación a bordo	17
3.2.2.5. Remolque de emergencia por peligro de varada de un supuesto buque no tripulado	18
3.3. EVALUACIÓN DE LA TRIPULACIÓN	20
3.4. FICHAS DE ENTRENAMIENTOS DE REMOLQUE	20
3.4.1. Ficha de entrenamiento r2 remolque por retorno	21
3.5. PUNTOS IMPORTANTES DEL REMOLQUE	22
3.5.1. Cálculo de la tensión total sobre la línea de remolque	22
3.5.2. Cálculo Catenaria	24
3.5.2.1. Tensiones Dinámicas	25
3.5.2.2. Bollard Pull	28
3.6. ELEMENTOS DEL TREN DE REMOLQUE	29

3.6.1. Cables metálicos	30
3.6.1.1. Composición.....	30
3.6.1.2. Diámetro y sección útil.....	33
3.6.1.3. Calibrado de Cables	33
3.6.2. Arrollamiento.....	34
3.6.2.1. Tipos de arrollamiento	34
3.6.3. Preformado	35
3.6.4. Resistencia del cable	36
3.6.5. Coeficiente de seguridad.....	36
3.6.6. Terminaciones y uniones de los cables.....	37
3.7. EQUIPOS DE POSICIONAMIENTO DINÁMICO (DP)	40
3.7.1. Introducción.....	40
3.7.2. Esquema DP	41
3.7.2.1. Clases de equipos DP.....	41
3.7.3. ¿Qué es la redundancia?	42
3.7.4. Análisis de consecuencias.....	43
3.7.5. ¿Qué es un sistema DP?.....	44
3.7.6. Sistemas hidroacústicos	45
3.7.7. Sistema DGPS	47
3.7.8. Modelo del buque	53
3.7.8.1. Actualización del modelo del buque.....	54
3.7.8.2. Ventajas y Desventajas DP	55
3.7.9. Operaciones de lucha contra la contaminación.....	56
3.7.10. Operaciones de búsqueda o de rescate submarinas, utilización de ROV's	56
3.7.11. Operaciones buque-buque en la mar.....	58
3.7.12. Operaciones de asistencia a buques siniestrados	58
3.7.13. Otras operaciones.....	58
4. SALVAMENTO & RESCATE	59
4.1. EMBARCACIONES AUXILIARES	61
4.2. CESTA DE RESCATE.....	63
4.3. RED DE RESCATE	64
4.4. RECOGIDA DE HIDROCARBUROS Y BARRERA ANTICONTAMINACIÓN	64
4.5. DEFENSAS	65
4.6. GLOBOS DE ELEVACIÓN O DE PUESTA A FLOTE.....	66

4.7. CAMARA SEAFLIR.....	68
4.8. MEDIOS DE SALVAMENTO A BORDO.....	68
4.8.1. Chalecos salvavidas y aros salvavidas.....	68
4.8.2. Trajes de supervivencia	70
4.8.3. Balsas salvavidas	70
4.8.4. Pirotecnia y Lanzacabos	70
5. CONCLUSIONES	71
6. BIBLIOGRAFÍA	73

ÍNDICE DE FIGURAS

CONTENIDO

Figura 1. Tren de remolque.....	13
Figura 2. Prácticas de remolque.....	14
Figura 3. Remolque por retorno.....	15
Figura 4. TOW CON - DYNAMIC POSITIONING.....	16
Figura 5. Remolque del Blue Star al puerto de Ferrol	18
Figura 6. Intento de desencallar al Bule Star de la costa de Ares.....	19
Figura 7. Cálculo resistencia buque remolcado 1	22
Figura 8. Cálculo de la Catenaria.....	24
Figura 9. Cálculo de Tensión	25
Figura 10. Fórmulas de Tensiones	26
Figura 11. Cálculo profundidad de la catenaria	27
Figura 12. Ilustración de la Catenaria	27
Figura 13. Cable metálico	31
Figura 14. Composición cable metálico.....	32
Figura 15. Diámetro y Sección útil	33
Figura 16. Calibrado de cables.....	33
Figura 17. Arrollamiento cruzado.....	34

Figura 18. Coeficiente de seguridad	36
Figura 19. Cable Trenzado.....	37
Figura 20. Terminaciones de Cables.....	38
Figura 21. Unión con metal fundido	39
Figura 22. Unión con abrazaderas	39
Figura 23. Ilustración DP.....	40
Figura 24. Esquema DP	41
Figura 25. Sistema Hidro acústico (SSBL).....	45
Figura 26. Sistemas Hidroacústicos. (HPR)	46
Figura 27. Sistema Hidro acústico Long baseline systems (LBL).....	46
Figura 28. Sistema GPS/DGPS EGNOS	48
Figura 29. DGPS Trimble	49
Figura 30. Sistemas Laser	50
Figura 31. Control de tensión sobre cables de acero	50
Figura 32. Radius System	51
Figura 33. Funcionamiento de fuerzas sistema DP.....	53
Figura 34. Remote Operated Vehicle.....	56
Figura 35. ROV underwater.....	57
Figura 36. Buque asistiendo a siniestrado.....	58
Figura 37. Embarcación de rescate	61
Figura 38. Cesta de rescate	63
Figura 39. Red de rescate.....	64
Figura 40. Recogida de hidrocarburos	64
Figura 41. Barrera anticontaminación.....	65
Figura 42. Defensas	65
Figura 43. Globos de elevación	66
Figura 44. Cámara SEAFLIR II.....	68
Figura 45. Chaleco con radiobaliza incorporada	69
Figura 46. Aro salvavidas	69
Figura 47. Traje de supervivencia.....	70
Figura 48. Balsas Salvavidas	70
Figura 49. Lanzacabos	71

ÍNDICE DE TABLAS

CONTENIDO

Tabla 1. Recogida de datos.....	23
Tabla 2. Tabla explicativa de modelos de globo y su capacidad de elevación	67

ÍNDICE DE GRÁFICAS

CONTENIDO

Gráfica 1. Relación Tiro/Velocidad.....	29
---	----

RESUMEN

El trabajo actual de final de carrera ha sido realizado por un alumno de puente de la marina mercante con seis meses como tal a bordo de un remolcador.

Todo se ha desarrollado en base a los conocimientos adquiridos durante mi vida a bordo y respectivas fuentes bibliográficas.

Engloba puntos que son de gran importancia y relevancia en la mar como es el rescate y remolque marítimos tanto con buques de Salvamento como cualquier otro en una situación de emergencia o designado como OSC (On scene Coordinator) buque o unidad de salvamento marítimo en situación de emergencia designado como el coordinador de la propia situación) que conlleve el rescate de personas o remolque del buque en caso de que no corra peligro la vida de las personas.

Las principales diferencias entre un remolque y un rescate son muy básicas, y éstas se resumen en dos fundamentos: si corre peligro o no, la vida de las personas a bordo. Existe gran diversidad de situaciones que se pueden dar en un remolque, pero entre ellas siempre existe el denominador común de que no corre peligro la vida de la tripulación o pasajeros en caso de un ferry, Ro-Ro o buque de pasaje.

Por ello, la estructura de este trabajo se basa en la recopilación de información obtenida durante el transcurso de mi periodo en prácticas. En primer lugar introduciremos la temática a tratar, después hablaremos de remolque y su tipología, por último haremos referencia al rescate y salvamento, así como de las conclusiones finales obtenidas en el transcurso de este periodo.

ABSTRACT

The current end-of-career work has been done by a merchant navy bridge student with six months as such aboard a tugboat.

Everything has been developed based on the knowledge acquired during my life on board and respective bibliographic sources.

It comprises points that are of great importance and relevance at sea such as maritime rescue and towing with both Salvage ships and any other in an emergency situation or designated as OSC (On scene Coordinator) vessel or maritime rescue unit in an emergency situation designated as the coordinator of the situation itself) that involves the rescue of people or trailer of the vessel in case the lives of people are not in danger.

The main differences between a trailer and a rescue are very basic, and these are summarized in two grounds: whether or not you are in danger, the lives of the people on board. Ro-Ro or passenger ship.

The structure of this work is therefore based on the collection of information obtained during the course as follows. First we will introduce the subject matter to be dealt with, then we will talk about towing and its typology, finally we will refer to the rescue and rescue, as well as the final conclusions obtained in the course of this period in practice.

1. OBJETIVOS

Teniendo en cuenta los antecedentes antes expuestos, se han planteado los siguientes objetivos para este proyecto.

1.1. OBJETIVO GENERAL

El objetivo general de este estudio es:

“Realizar una revisión detallada de la fuente disponible sobre el ámbito de los Remolques y el Salvamento en España y aguas internacionales”.

1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

De la misma forma, se han considerado los siguientes objetivos específicos:

- Analizar el término de remolque y de rescate.
- Clasificar los diferentes tipos de remolques y rescates.
- Analizar los procedimientos de salvamento en buques, así como su estado actual.
- Identificar las principales bases sobre los temas en cuestión.
- Determinar que es la Catenaria y su cálculo.
- Identificar los métodos de remolque y sus partes.
- Detallar los aspectos importantes del remolque como el Board Pull.
- Analizar el sistema DP, clases y funcionamiento.

2. INTRODUCCIÓN

2.1. INTRODUCCIÓN AL RESCATE

En este punto profundizaremos todo lo referente a las situaciones de remolque y rescate en la mar, así como sus puntos básicos que, posteriormente, desglosaremos al detalle. También consideraremos de las diferentes formas de mejorar en dichas situaciones de auxilio, salvamento, remolque.

Los puntos más relevantes son los diferentes sistemas y operaciones que se realizan en cada situación de rescate de personas, según la emergencia y peligrosidad de la misma; así como el remolque del buque una vez esté toda la tripulación a salvo.

También veremos imágenes de estos elementos, ya que de las operaciones no las podemos mostrar debido a la prohibición de filtración de imágenes de empresas en las cuales está basado este trabajo.

Además del remolque y salvamento a bordo, de un buque dedicado a este fin, podemos obtener elementos manipulados en cualquier otro buque; ya sea de navegación con carga como pesquero o con elementos utilizados de forma directa o indirecta para el rescate (directa: se usan para rescate única y exclusivamente; indirecta: se utilizan para rescate, pudiendo tener también otros usos en el buque). [1]

3. REMOLQUE Y TIPOLOGÍA

3.1. PROTOCOLOS DEL REMOLQUE: INTRODUCCIÓN

La Dirección de Salvamento Marítimo, a través de su Departamento de Operaciones, ha dispuesto la realización continuada y periódica de procedimientos de remolque, en los siguientes términos. [2]

3.1.1. Objetivos

- Adiestramiento de las tripulaciones.
- Realización de entrenamientos de remolque entre dos buques.
- Comprobación de la efectividad del aparejo y equipo de remolque.

- Comprobación del correcto funcionamiento de los sistemas.

3.1.2. Programación de entrenamientos

Cada mes, en el programa de movimientos del buque, estableceremos los días previstos para realizar entrenamientos de remolque.

3.1.3. Desarrollo de los entrenamientos

Remolcador y remolcado: en los ejercicios se emplearán dos unidades para simular buque remolcador y buque remolcado. En la primera fase, una de las unidades remolcará a la otra, que figurará como un buque sin gobierno que necesita ser remolcado. En la segunda fase, invertirán las unidades de tal forma que la unidad que ha remolcado en la maniobra anterior pasará a figurar como buque sin gobierno. [3]

3.1.4. Elementos de maniobra

Se prestará especial atención a:

- Seguridad.
- Empleo de los equipos de protección individual por parte de la tripulación.
- Manejo del tren de remolque.
- Tren de remolque y maquinilla de remolque.

3.2. CLASIFICACIÓN DE LOS REMOLQUES

3.2.1. Testimonio del aparejo de remolque

En primer lugar, comprobaremos los certificados y el histórico de mantenimiento, de los elementos que componen la línea de remolque. Después, se visualiza que cada elemento que forma el tren de remolque se encuentra en buen estado de operación.

Por último, valoraremos que el tren de remolque se encuentra estibado correctamente en cubierta y adujado de tal forma que permita su salida a través de los cilindros guía, de forma ordenada y gradualmente, evitando que tome una velocidad

de salida de cubierta que ponga en peligro a cualquiera de los tripulantes, tanto del remolcador como del remolcado.

3.2.2. Tipología

3.2.2.1. Remolque normal

Buque sin propulsión y a la deriva, con energía en maquinillas y tripulación a bordo. Antes de comenzar a preparar la línea de remolque y sus operativas [4] tendremos en cuenta los elementos que pretendemos emplear en él. Estos elementos quedarán identificados de acuerdo a su certificado.

Figura 1. Tren de remolque



Fuente: Elaboración propia

Se hará remolque a un buque sin máquina, pero con fuerza en los chigres de cubierta, actuando sus molinetes para virar la guía de remolque. Deducimos que el buque remolcado está tripulado. El remolque se realizará durante un tiempo mínimo de 10 minutos de tiro, mantenido con una velocidad equilibrada y al máximo paso de máquina que, según el criterio del Capitán y dependiendo de las circunstancias del momento, se estime oportuno. [5]

No se debe concebir en ningún caso que se quiera remolcar a la máxima velocidad ni llegar al máximo paso de máquina, sino que la unidad esté adecuadamente preparada para tirar con fuerza en caso necesario.

El aparejo de remolque, para el entrenamiento, será considerado el preciso en cada supuesto a juicio del Capitán y adecuado a la potencia de tiro del remolcador.

Figura 2. Prácticas de remolque



Fuente: Elaboración propia

Durante el remolque y una vez que la velocidad se estabilice, se apuntará: el régimen de máquina (esta operación se hará con tensión solo en aquellos buques en que se pueda trabajar al tambor.), la velocidad mantenida de remolque, la intensidad del viento, el oleaje, y el rumbo que se está manejando para remolcar. [6]

En navegación y sin largar el remolque se arriará y cobrará parte de la línea de remolque.

Tras lo previo, durante el cambio de rumbo, se entrenarán los cambios del convoy remolcador y buque remolcado:

- a) El inicial pasa a navegar a un rumbo que cambia 90° el rumbo inicial.
- b) El secundario hace un cambio de rumbo de 180 o al otro costado.

3.2.2.2. Remolque por retorno

Buque sin propulsión y sin gobierno, sin fuerza en maquinillas, pero con tripulación a bordo.

Se dará remolque por retorno guiando los cabos por seno a un buque sin máquina ni energía, pero tripulado. El remolcador tiene que efectuar todas las maniobras de toma de remolque sin ninguna ayuda por parte de las maquinillas del buque remolcado.

Figura 3. Remolque por retorno



Fuente: Elaboración propia

Esta operación se hará con tensión sólo en aquellos buques en que se pueda trabajar al tambor.

Durante la navegación y sin largar el remolque se arriará y cobrará parte de la línea de remolque.

3.2.2.3. Remolque buque no tripulado

Supongamos que tenemos un buque sin propulsión mecánica, sin fuerza en la zona de maquinillas y sin tripulación a bordo.

Se realizará remolque a un buque que figurará como no tripulado. En la charla briefing, al empezar el presente ejercicio se acordará el plan de actuaciones para un embarque seguro de la tripulación, necesario para hacer pasar el material del cual hacen falta, así como una doble vía de comunicación. Se dará remolque durante un mínimo de 10 minutos de tiro mantenido, realizando las maniobras descritas en los otros tipos de remolques. Se dará remolque durante al menos 10 minutos de tiro sostenido. Existen nuevas formas usando un dron para conectar la línea de remolque a un buque asistido, como la empresa Kotug, esta invención pionera mejorará drásticamente el margen de seguridad de las operaciones de remolque, ya que esto evitará la necesidad de maniobrar en la llamada zona de peligro.[7]

Entrenamiento en el funcionamiento de la maquinilla a tensión constante y el posicionamiento dinámico (DP) – 4.

Supuesto de un buque varado, donde las maquinillas capaces de remolcar en tensión constante darán remolque popa con popa usando grilletes con cables de remolque de los dos buques, con un fusible tarado a un máximo del 70% de tiro a punto fijo certificado (B.P) del remolcador más débil. [8]

A. Supuesto Remolcador: Proa al viento la que remolca.

B. Supuesto Buque Varado: Por su popa.

Se alejarán a una distancia mínima de 500 m. Asumiremos una situación de mar para esta práctica de olas de 2m y con viento de intensidad 10 nudos. En ningún caso deberá o podrá salir el seno del cable de remolque del agua.

En caso de que las unidades estén dotadas de un posicionamiento dinámico, la unidad como buque varado fijará su posición para contrarrestar el tiro del remolcador.

En la imagen podemos ver una captura de pantalla del TowCon de posicionamiento dinámico. [9]

Figura 4. TOW CON - DYNAMIC POSITIONING



Fuente: Elaboración propia

En caso de no disponer de un posicionamiento dinámico el buque varado irá reduciendo o incrementando máquina (siempre avante) para contrarrestar el arrastre del remolcador.

Esta operación se realizará de modo progresiva comenzando con un 5% de máquina y aumentando en 5% cada vez, y no superando en ningún caso el 50% del B. P. del buque con menos máquina.

Ambos buques se comunicarán por sistema VHF, en un canal acordado, avisando con antelación sobre cualquier cambio que se pueda realizar. Se anotarán los pasos y vueltas con los que está actuando la máquina y la tensión estabilizada recibida en la señal del control de la maquinilla.[10]

La tensión de la maquinilla de remolque se controlará accionando el sistema de tensión constante y no el freno, que es un punto muy importante. En cualquier caso, de emergencia real sobrevenida durante el ejercicio [11] (una pérdida del rumbo con posibilidad de escora, excesiva tensión por desajuste entre unidades, emersión del seno del cable).

- El sistema de largado automático “Fast Emergency Release” del buque remolcador A.
- Quitando máquina inminentemente el otro buque. Siguiendo estático en el caso de disponer y emplear el DP y controlando la posición del remolcador.

3.2.2.4. Remolque de emergencia por peligro de varada de un buque con tripulación a bordo

Buque sin gobierno y sin arrancada que está en peligro de sufrir una varada y se trata de sortear la misma. Antes de iniciar la elaboración de la línea de remolque se registrarán los elementos de remolque que se procuran emplear.

- *Remolque por proa:*

El aparejo de remolque para el entrenamiento será el estimado oportuno según el Capitán y conforme a la potencia de tiro del remolcador.

El remolque se ejecutará pasando los componentes de remolque de proa de remolcador, a la proa del remolcado. Se desplazará al buque remolcado una milla. Una vez se haya alejado se procederá a sustituir la línea de remolque de proa a popa.

- *Remolque por popa:*

El aparejo de remolque para la práctica será fijado según el capitán y apropiado a la potencia de tiro del remolcador. El remolque se realizará dando “pennant” engrilletado al cable de remolque. Se dará el tren de remolque a la proa del buque remolcado. Se trasladará al mismo una milla. Una vez desplazado se comenzará a sustituir la línea de remolque por una línea de remolque para travesía.

Figura 5, Remolque del Blue Star al puerto de Ferrol



Fuente:www.farodevigo.es

3.2.2.5. Remolque de emergencia por peligro de varada de un supuesto buque no tripulado

Buque sin gobierno ni arrancada que se encuentra a la deriva y en riesgo de sufrir varada tratando de evitarse la misma.

Se dará remolque a un buque que no está tripulado. Se efectuará la charla "briefing" en la cual se acordará el plan de actuaciones para un embarque seguro de la tripulación, requerida para pasar el aparejo de remolque a bordo del buque que estimaremos como siniestrado. Se concretará el material precisado así como una vía de comunicación.

Antes de comenzar a preparar la línea de remolque se anotarán todos los elementos de remolque que se pretenden emplear. [12]

- *Remolque por proa:*

El aparejo de remolque para la practica será el calificado optimo en cada supuesto a criterio del Capitán y adecuado a la potencia de tiro del remolcador. El remolque se procederá pasando los elementos de remolque de proa de remolcador a la proa del supuesto. Se trasladará al imaginario de buque remolcado una milla. Una vez alejado se comenzara a sustituir la línea de remolque por proa a popa (remolque normal para travesía).

- *Remolque por popa:*

El aparejo de remolque para el entrenamiento será el juzgado por el Capitán y oportuno a la potencia de tiro del remolcador. El remolque se realizará dando “pennant” engrilletado al cable de remolque, insertando en la línea un fusible si el Capitán lo precia necesario. Se dará el tren de remolque a la proa del supuesto. Se retirará al mismo una milla. Una vez desplazado se empezará a reemplazar la línea de remolque por la de remolque normal para travesía.

Figura 6, intento de desencallar el Blue Star de la costa de Ares



Fuente: www.cope.es

3.3. EVALUACIÓN DE LA TRIPULACIÓN

En la práctica de maniobras de remolque se prestará especial atención al nivel de seguridad de las tripulaciones, equipos de protección personal, EPI (guantes, calzado, buzos, cascos, sistemas de intercomunicación, etc.), apropiada ubicación durante las maniobras y tiempos adoptados en las mismas. En función del grado de desempeño de las tareas estipuladas y la precariedad, así como el nivel de seguridad con las que se ejerce la práctica. Para la realizar con una mayor exactitud la evaluación de las tripulaciones se emplearán sus correspondientes fichas. [13]

3.4. FICHAS DE ENTRENAMIENTOS DE REMOLQUE

Para el seguimiento de los ejercicios se rellenarán las horas en las fichas, sólo se tomarán en cuenta con un carácter administrativo. Con ello no queremos decir que los tripulantes deben cometer el entrenamiento con velocidad máxima, pero se deben conocer los tiempos de actuación de la flota para coordinarse de la forma más eficaz en un ensayo.

- *Informes:*

Tras la ejecución de cada uno de los entrenamientos, el Capitán realizará un informe de los mismos, según el formato de las fichas y exponiendo las fotos o grabaciones que se hayan realizado durante los entrenamientos.

3.4.1. Ficha de entrenamiento r2 remolque por retorno

La primordial determinación de la práctica de estos ejercicios y entrenamientos es mejorar y aumentar la rapidez en la reacción y comprobación del acertado uso de los sistemas. Se intentará efectuar el óptimo desarrollo de las operaciones, comprobar los tiempos de actuación, así como optimizar los mismos. [13]

- Se dará remolque por retorno.
- El remolcador tiene que realizar todas las maniobras de toma de remolque sin ninguna ayuda por parte del buque remolcado.

El remolque se debe efectuar hasta llegar a velocidad sostenida de una potencia a criterio del Capitán y sus circunstancias.

Se pretenden comprobar: nivel de peligro en la maniobra, acertado uso de la maquinilla de remolque, eficacia de la tripulación, velocidad durante el remolque y maniobra de cambio de rumbo (90° - 180°). [14]

- *Preparación línea remolque:*
 - Sisga
 - Cabo
 - Reenvío
 - Pennant
 - Fusible
 - Cable de remolque
 - Defensa de los cables de remolque
 - Grilletes

- *Operación de dar cable de remolque por retorno:*
 - Sisga
 - Cabo
 - Reenvío
 - Pennant
 - Fusible
 - Cable de remolque Largado

3.5. PUNTOS IMPORTANTES DEL REMOLQUE

En esta parte del trabajo vamos a realizar y hacer unos pasos para la organización de la línea de remolque, estipularemos las tensiones totales sobre la línea de remolque y el cálculo de la resistencia total de un buque al ser remolcado. Conoceremos la catenaria y definiciones de vital trascendencia para cualquier profesional que se dedique al remolque.

3.5.1. Cálculo de la tensión total sobre la línea de remolque

En este apartado veremos cómo se realiza un cálculo de la tensión total sobre la línea de remolque: Tensión estática y la Tensión dinámica. [15]

La tensión constante puede ser determinada con un alto grado de precisión.

La tensión estática tiene 3 componentes:

- Resistencia del buque a ser remolcado.
- Resistencia del Tow Hawser o cable de remolque.
- Componente vertical de la catenaria (la cual contribuye a la tensión total de la línea de remolque, pero no a los requisitos de propulsión del remolcador).

La resistencia de un buque a ser remolcado puede ser calculada mediante la siguiente fórmula de forma aproximada: [16]

Figura 5. Cálculo resistencia buque remolcado 1

$$R_T = R_H + R_P + R_W + R_S$$

where:

R_H	- Hydrodynamic hull resistance of the tow
R_P	- Hydrodynamic resistance of the tow's locked propellers
R_W	- Wind resistance of the tow
R_S	- Additional tow resistance due to sea state

Fuente: vdocuments.mx

A esta resistencia se le debe sumar la constante hidrodinámica de la línea de remolque; ésta depende de la dimensión del cable de remolque, largo de la línea y su velocidad de remolque.

De forma aproximada podremos decir que la línea se estima en torno a un 10% de la Rt.

Una vez establecido la Resistencia del buque a ser remolcado Rt, la resistencia hidrodinámica de la línea de remolque, nos queda finalmente calcular la T= tensión de la línea de remolque. [16]

En la siguiente tabla podemos observar la recogida de estos datos:

Tabla 1. Recogida de datos

Wire Size (in)	Wire Scope (ft)	Chain Size (in)	Chain Scope (ft)	Added Resistance (lbf) 10,000 lbs. Tension			Added Resistance (lbf) 20,000 lbs. Tension		
				4 lbs	8 lbs	12 lbs	4 lbs	8 lbs	12 lbs
1 5/8	3000	—	—	1000	4000	7000	1600	5000	8000
1 5/8	2000	—	—	500	3500	4100	700	2500	2300
2	2000	—	—	2000	2200	6000	1500	2200	4000
2	2650	2 1/4	90	2500	5100	17000	1900	3900	7900
2	2000	3 1/2	270	4100	10000	15000	3000	7200	15000
2	2000	4 3/4	270	3700	12000	24500	2700	8900	17600
2 1/4	2000	2 1/4	90	1500	8200	11500	1200	3800	8000
2 1/4	2650	2 1/4	270	3050	8700	15500	1600	6500	14500
2 1/2	2000	4 3/4	270	3000	11100	22500	3200	12900	23000
2 1/4	3000	2 1/4	90	1500	8200	17500	1600	5700	12100
2 1/4	3000	2 1/4	270	3100	12000	24800	2500	8700	20100
2 1/4	3650	4 3/4	270	5500	14400	27800	3600	13500	29000

Wire Size (in)	Wire Scope (ft)	Chain Size (in)	Chain Scope (ft)	Added Resistance (lbf) 40,000 lbs. Tension			Added Resistance (lbf) 60,000 lbs. Tension		
				4 lbs	8 lbs	12 lbs	4 lbs	8 lbs	12 lbs
1 5/8	3000	—	—	600	2300	4000	500	1900	4300
1 5/8	2000	—	—	300	2300	3500	250	1000	2500
2	2000	—	—	1000	1700	2500	200	1200	2000
2	2000	2 1/4	90	1200	3200	6500	1600	2500	5100
2	2000	3 1/2	270	1500	8100	10000	1900	4200	8000
2	2000	4 3/4	270	2500	6900	14600	2600	6800	12200
2 1/2	2000	2 1/2	90	1200	3000	6500	1300	3100	5000
2 1/4	2650	2 1/4	270	1400	5100	11500	1500	3700	8500
2 1/2	2000	4 3/4	270	3600	9300	17100	2800	5700	12200
2 1/2	3000	2 1/2	90	1400	4100	8500	1700	3400	5900
2 1/2	3000	2 1/2	270	1900	6300	13500	1900	4200	10900
2 1/4	3650	4 3/4	270	3500	10500	21500	2600	7200	15000

USE OF TABLE: Towline resistance can be selected for the case closest to the actual towline configuration. The figures can be interpolated as required if additional accuracy is desired.

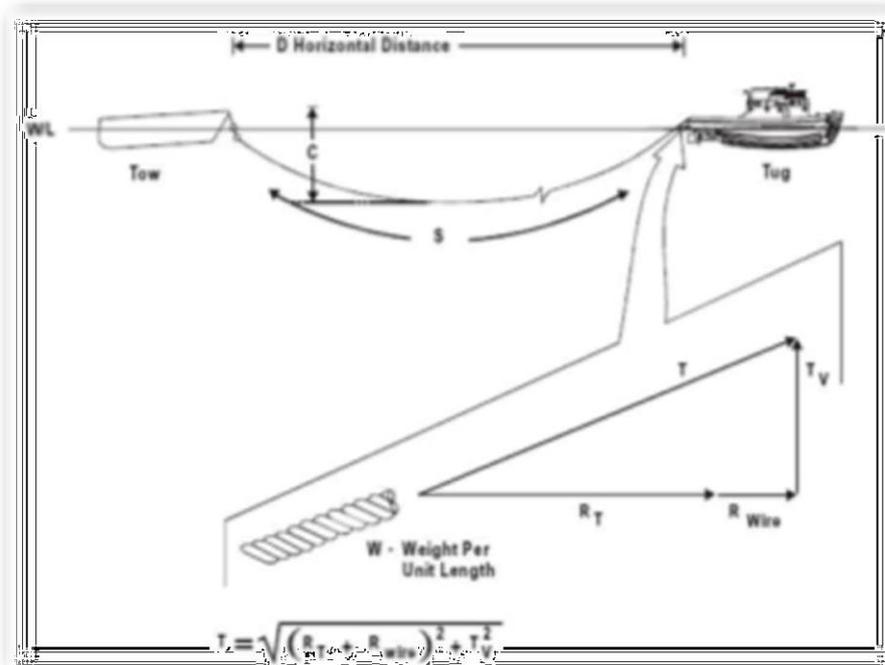
- * For towline scopes less than shown, make a proportional reduction from the scopes listed.
- * For tension greater than 60,000 pounds, extrapolate assuming a resistance curve between 40,000 and 60,000 pounds in a straight line.

Fuente: vdocuments.mx

No convenimos olvidar la tercera integrante de la tensión en la línea, que como citamos inicialmente es la vertical de la catenaria. [17] La disposición más habitual de la línea de remolque será estableciendo una catenaria. Como podemos ver en la siguiente imagen tenemos las fuerzas que actúan sobre el remolque, y la componente vertical de la catenaria que calcularemos en el siguiente apartado.

3.5.2. Cálculo Catenaria

Figura 6. Cálculo de la Catenaria



Fuente: globalmaritime.es

T_V es la componente vertical de la tensión de la línea, podríamos decir que es el peso de la línea de remolque en la parte delantera de la catenaria en su punto más bajo. Es difícil calcular dicho componente, pero podemos asumir que es el peso en agua de mar, de 15 veces la línea de remolque. Existen unas tablas para poder calcular los pesos en agua de los diferentes cables y fibras utilizadas en remolque. Podemos decir que la T . Total sobre la línea de remolque es la T . Dinámica, por otro lado, está causada por las olas. Debemos tener en cuenta que dicha tensión es difícil de calcular con gran exactitud; aunque existen una serie de estadísticas muy aproximadas que nos permiten hallar la tensión dinámica máxima. Esta tensión tiene dos componentes:[18]

- *Cargas dinámicas lentas* causadas por todos los movimientos del buque remolcado.
- *Cargas dinámicas rápidas* causadas por los citados efectos de las olas.

Esta **tensión dinámica** debe ser sumada a la **tensión horizontal "T"**, la línea de remolque está por lo tanto sujeta también a las fuerzas causadas por los movimientos de guiñada del buque remolcado T_{Yaw} y por las fuerzas inducidas por las olas. [19]

Figura 7. Cálculo de Tensión

$$T = \sqrt{(R_T + R_{wire})^2 + T_v^2}$$

where:

R_T = Tow resistance

R_{wire} = Towline resistance

T_v = Vertical component of the towline tension

Fuente: vdocuments.mx

3.5.2.1. Tensiones Dinámicas

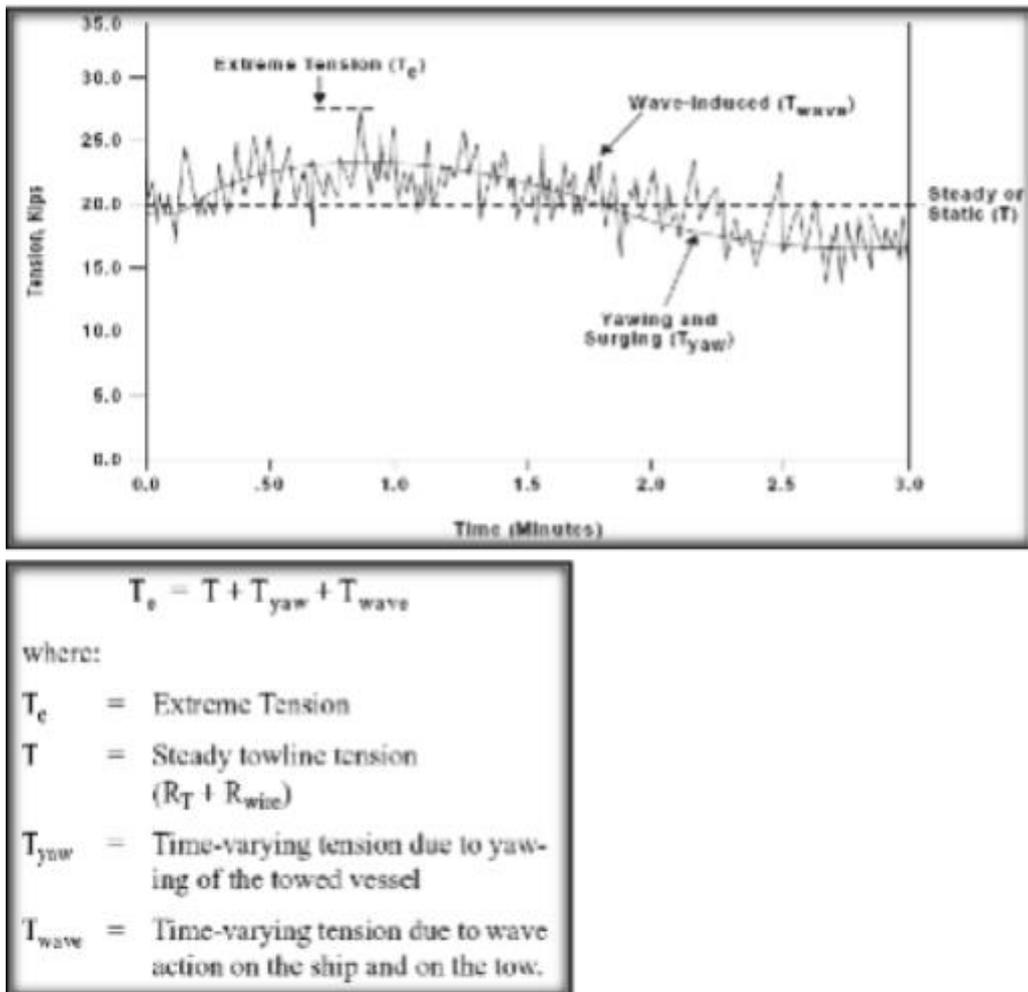
- *Cálculo de la catenaria:*

La catenaria es el principal elemento para suavizar los picos de tensiones dinámicas. El peso del cable de remolque; ya sea solo o en conjunción con un segmento de cadena, un fusible u otros elementos empleados en la línea de remolque crean la llamada catenaria en la línea entre el remolcador y el buque remolcado.

Los efectos provocados por vaivenes en la tensión de la línea de remolque; pequeños incrementos o reducciones de la distancia entre remolcador y buque remolcado son asimilados por la catenaria. [20]

Los aumentos de distancia entre remolcador y buque remolcado provocan que aumente la tensión en la línea de remolque. Por lo tanto, la catenaria deberá actuar como una forma de unión flexible para facilitar las interacciones entre remolcador y remolcado. [20]

Figura 8. Fórmulas de Tensiones



Fuente: vdocuments.mx

Para evitar que la línea de remolque toque el fondo marino, a la vez que se mantiene una catenaria suficiente para absorber los cambios entre el buque remolcador y el buque remolcado, se debe realizar un cálculo aproximado de la profundidad de la catenaria; existiendo un diverso número de métodos para ello.

El cálculo de la profundidad de la catenaria:

- Tensión estática total de la línea de remolque (T). Pudiendo calcularse con el método citado anteriormente.
- Longitud de los componentes de la línea de remolque. Es peso por unidad de longitud en el agua de cada componente de la línea.
- Esta información la podemos encontrar en diferentes tablas que nos ofrecen el peso por longitud de diferentes cables y fibras.

Podemos determinar la profundidad de la catenaria con la siguiente fórmula:

Figura 9. Cálculo profundidad de la catenaria

$$C = T/W - T/W \sqrt{1 - (WS/2T)^2}$$

where:

C = Catenary or sag (ft)

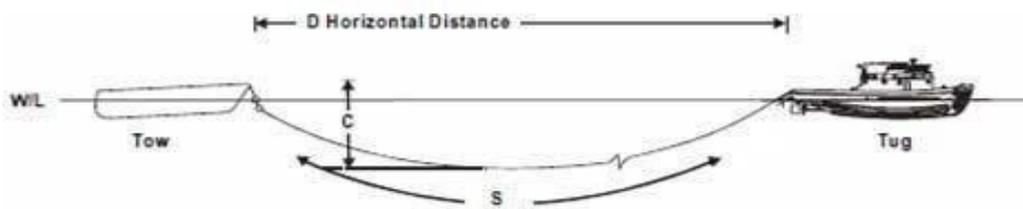
T = Steady tension (lbs force)

W = Weight in water per unit length (lbs/ft)

S = Total scope (ft) (total of all components)

Fuente: vdocuments.mx [20]

Figura 10. Ilustración de la Catenaria



Fuente: globalmaritime.es

Uno de los puntos más importantes en un buque remolcador es su potencia; ésta proporciona al buque la capacidad suficiente para prestar sus servicios a buques en situación de Urgencia o Socorro (hundimiento, remolques...) y para la pronta llegada al lugar de la emergencia.

La potencia de un remolcador puede ser medida en:

- **Potencia entregada por el eje a los propulsores (shaft horsepower).**
- **Potencia al freno (brake horse power BHP):** esta es la potencia que se entrega por los motores al eje. Esta magnitud ignora la reducción y la pérdida de potencia de los ejes y propulsores. La relación entre Kw y Cv. (Hp) es la siguiente: $1 \text{ Kw} = 1,314 \text{ Hp (Cv.)}$.
- **Potencia indicada (Indicated horse power IHP);** esta medida ha quedado desde los tiempos del vapor. Ignora todas las pérdidas de potencia provocadas por rozamiento, maquinas auxiliares, fricción...

3.5.2.2. Bollard Pull

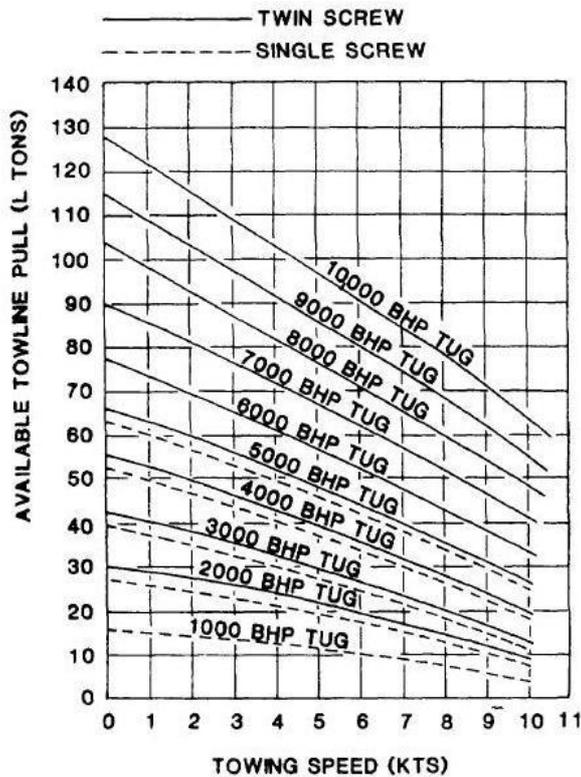
En este apartado podemos ver la capacidad del remolcador para tirar con velocidad de avance cero; es decir para mantener a otro buque parado. Por ejemplo, para evitar una varada o mantener un buque sin máquina alejado de la costa. Debemos tener en cuenta que tanto las cifras de Bollard Pull, como las cifras de potencia estarán abiertas a poder observar según la interpretación de cada uno. Las SC (Sociedades de Clasificación), son las que determinan el Bollard Pull del buque durante su fase de construcción y certificación.[21]

El Bollard Pull no es la única medida de la capacidad de tiro de un remolcador. Excepto en algunos casos, el objetivo del remolcador es desplazarse mientras está remolcando a otro buque. (Application to a bollard pull trial) [22]

Se puede definir la Towline Pull como la potencia de tiro disponible cuando el remolcador está en navegación.

Los remolcadores están habitualmente contruidos para trabajar con unas velocidades de remolque entre los 4 y 8 nudos. Los más modernos están provistos con avanzados equipos de propulsión que permiten que el bollard pull se siga conservando en cifras altas y se reduzca consigo la velocidad y el consumo de combustible. A continuación, mostramos una gráfica donde podemos observar cómo disminuye la capacidad de tiro a medida que intensifica la velocidad de remolque: [23]

Gráfica 1. Relación Tiro/Velocidad



Relación Tiro/Velocidad

Se observa una gran disminución en la velocidad del buque remolcador.

Fuente: <http://boatmanuals.tpub.com/>

3.6. ELEMENTOS DEL TREN DE REMOLQUE

La línea de remolque es el mecanismo de unión entre el buque remolcador y el remolcado; esta línea es la encargada de soportar todas las cargas y tensiones estáticas y dinámicas que se han descrito originalmente. Los materiales adoptados en los elementos de la línea son frecuentemente: cables de alambre, fibras sintéticas y cadena.

Podemos decir que una línea de remolque convencional está compuesta por los siguientes elementos:

- Cable de remolque que sale directo desde la maquinilla de remolque.
- Socket o fin del cable de remolque.
- Fusibles; que se colocan entre el cable de remolque y el pennant; se unen mediante grilletes y se utilizan para absorber las fuerzas dinámicas y aportarle flexibilidad al tren de remolque.
- Pennants: son cables de alambre con gazas en los extremos. Uno de los extremos con gaza servirá para encapillar en el buque remolcado.
- Virador: tramo de cabo para tirar de la línea de remolque.

➤ **Remolque**

En esta sección procuraremos realizar un breve inventario de todos los elementos de remolque utilizados a bordo. Desde las maquinillas de remolque de popa y proa hasta los componentes para la elaboración del tren de remolque.

3.6.1. Cables metálicos

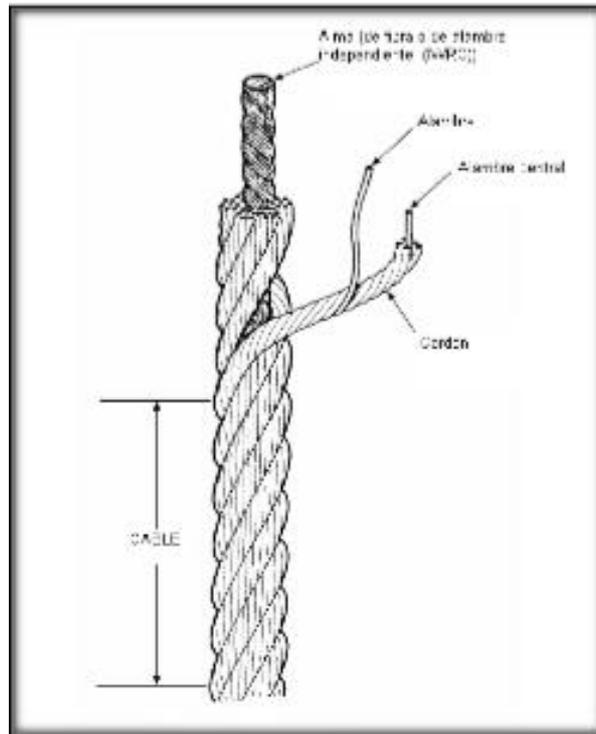
En los buques se utilizan para diversas funciones a bordo. Entre las cuales, la principal es el remolque ya que tienen una alta resistencia. En el mundo de la pesca su uso se centra en el remolque del aparejo, para su largado y su virado a bordo.

También se puede utilizar para la creación de estrobos, gazas o incluso falsas bozas (se usan en las portas del aparejo de pesca). [24]

3.6.1.1. Composición

Un cable metálico, puede considerarse hecho por diversos cordones metálicos dispuestos helicoidalmente alrededor de un alma, que puede ser textil, metálica o mixta. De esta forma trabajará como una sola unidad. También un cordón puede verse compuesto por diversos alambres metálicos dispuestos de forma helicoidal en una O. [24]

Figura 11. Cable metálico



Fuente: bezabala.es

De forma genérica, la fórmula de expresión de composición de un cable: **A x B + C** siendo A el número de cordones; B el número de alambres de cada cordón y C el número de almas textiles. Cuando el alma del cable no es textil o sea constituida por alambres, sustituimos la última cifra C, por una cifra entre paréntesis que indica la estructura de dicha alma. [24]

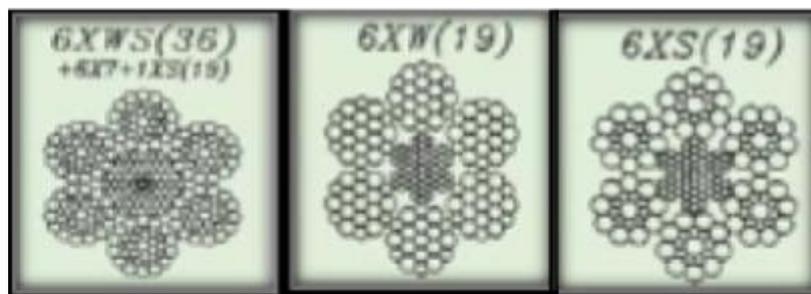
El alma del cable es el soporte de estructura y consistencia capacitada para ofrecer un apoyo firme a los cordones, de modo que, incluso a la máxima carga no alcancen a unirse los alambres de los cordones entre sí. Habitualmente, el alma de los cables es de fibra textil, pero en expresos casos es más indicado emplear alma metálica:

- Alma de fibra (FC: Fiber Cores).
- Alma metálica (IWRC: Independent Wire Rope Cores).

Si los cordones o ramales del cable están formados por otros cables, se sustituye la segunda cifra B por una notación entre paréntesis que indica la composición:

- Disposición Warrington (W): Cada cordón tiene 2 capas de alambre sobre el alambre central.
- Disposición Seale (S): Cada cordón se compone de 3 capas de alambres. La primera capa que envuelve el alambre central está compuesta de alambres de menor diámetro que el central y los exteriores.
- Disposición Warrington-Seale (WS): Combinación 2 últimos.

Figura 12. Composición cable metálico



Fuente: bezabala.es

A efectos de designación debe considerarse también las distintas formas de distribución de los alambres en los cordones, el tipo de arrollamiento y si el material que lo constituye está considerado preformado o no.

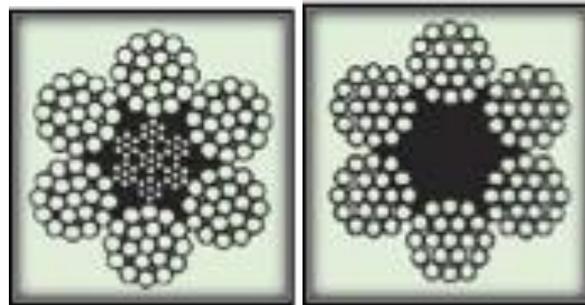
Se exponen a continuación cables que sirvan para ver las diferencias:

- Un cable formado por 6 cordones de 25 alambres cada cordón, instalados alrededor de un alma combinada por un cordón metálico formado por 7 cordones que contienen 7 hilos cada uno, se representaría por: **6x25+ (7x7+0)**.
- Un cable compuesto por 6 cordones de 19 alambres cada cordón, colocados alrededor de un alma textil, se simbolizaría por: **6 x 19WS + FC**.

3.6.1.2. Diámetro y sección útil

Se califica como diámetro de un cable el del círculo máximo que circunscribe a la sección recta del mismo; por lo general se expresa en milímetros. Este diámetro se debe calcular con la ayuda de un calibre o pie de rey.

Figura 13. Diámetro y Sección útil



Fuente: bezabala.es

3.6.1.3. Calibrado de Cables

Figura 14. Calibrado de cables



Fuente: bezabala.es

La S. Útil (Sección Útil) de un cable es la total de las secciones de cada uno de los alambres que lo forman. La S. Útil de un cable no debe determinar nunca a partir de su diámetro.

Cuando un cable nuevo entra en servicio, los esfuerzos que soporta le conducen a una reducción del diámetro, anexa de un aumento en su longitud, a causa del asentamiento de los diferentes componentes que forman el cable. Esta disminución de diámetro es aumentada cuanto mayor es la proporción de fibra textil que lo forma.

3.6.2. Arrollamiento

Los alambres de los cordones están colocados en forma helicoidal alrededor de un alambre central, formando una o más capas. El paso del cordón es la longitud que abarca una vuelta completa del alambre alrededor de su núcleo central. Esta distancia se mide paralelamente al eje del cordón. En los cables corrientes, las distintas capas de alambres que forman los cordones tienen pasos diferentes.[25]

Los cordones, a su vez están colocados en el cable en forma de hélice alrededor del alma. El paso de hélice que describe un cordón es el paso del cable.

3.6.2.1. Tipos de arrollamiento

- **Arrollamiento cruzado o corriente** es aquél en que los cordones están arrollados en sentido contrario al de los alambres que los forman.

Figura 15. Arrollamiento cruzado



Fuente: bezabala.es

- **Arrollamiento cruzado izquierda (zS)** - Imagen Superior
- **Arrollamiento cruzado derecha (Sz)** - Imagen Inferior
- **Arrollamiento “Lang”**, los alambres en el cordón y los cordones en el cable están arrollados en el mismo sentido.[25]

- **Arrollamiento “Lang” izquierda (sS).**
- **Arrollamiento “Lang” derecha (zZ).**
- **Arrollamiento alternado izquierda.**
- **Arrollamiento alternado derecha.**

3.6.3. Preformado

En el proceso de fabricación de los cables corrientes, los alambres adoptan la forma de hélice y ocupan sus posiciones respectivas gracias a una deformación elástica, que da lugar a unas tensiones internas en dichos alambres. Por causa de estas tensiones internas, al romperse un alambre, los extremos tienden a recuperar su forma recta primitiva. [26]

En los cables preformados, tanto los alambres como los cordones sufren durante el proceso de fabricación una deformación *permanente*, adoptando la forma de hélice de acuerdo ya con la posición que habrán de ocupar en el cable.

Al suprimir la deformación elástica se eliminan las tensiones internas existentes en los alambres de los cables no preformados y que contribuyen a la rotura de dichos alambres por fatiga. Las principales **ventajas de los cables preformados son:** [26]

- Mayor flexibilidad, ya que al curvarse no se sumarán las tensiones internas de fabricación al esfuerzo de flexión gracias al arrollamiento en poleas y tambores. Esto equivale por tanto a una reducción de los esfuerzos de flexión.
- Evita efectos de cortadura, al no enredarse las puntas de alambre que se rompen por fatiga, no quedan éstas aprisionadas entre el cable y las gargantas de las poleas, evitándose así que corten otros alambres.
- Mayor duración, consecuencia de las dos ventajas anteriores.
- Fácil manejo. Al cortar un cable preformado los cordones y alambres permanecen en su sitio al no tener tendencia a perder la estructura y desenrollarse formando cocas (senos alrededor del rolete).
- Facilita el uso del **arrollamiento Lang**, al reducir los inconvenientes más propios de dicho arrollamiento, hace posible adaptarlo en mayor número de aplicaciones.[25]

3.6.4. Resistencia del cable

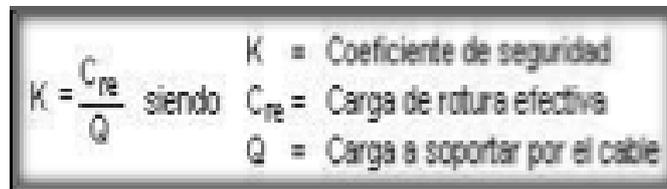
La resistencia a la rotura a tracción de un cable está definida por la calidad del acero empleado para la fabricación de los distintos alambres, el número y sección de los mismos y su estado de conservación. La carga de rotura de un alambre es el producto de su resistencia mínima por la sección recta del mismo.[27]

La carga de rotura calculada de un cable, a la suma de las cargas de rotura de cada uno de los alambres que lo componen. Se entiende como carga de rotura efectiva de un cable al valor que se obtiene rompiendo a tracción un tramo del cable, en una máquina de ensayo.

3.6.5. Coeficiente de seguridad

El coeficiente de seguridad de trabajo de un cable es el cociente entre la carga de rotura efectiva y la carga que realmente debe soportar el cable.

Figura 16. Coeficiente de seguridad


$$K = \frac{C_{re}}{Q} \quad \text{siendo} \quad \begin{array}{l} K = \text{Coeficiente de seguridad} \\ C_{re} = \text{Carga de rotura efectiva} \\ Q = \text{Carga a soportar por el cable} \end{array}$$

Fuente: Elaboración propia

Los cables pueden ser guiados a través de una polea o pasteca, ser arrollados o incluso doblados y con ello aguanta unos esfuerzos inversamente proporcionales al diámetro del arrollamiento y en función de la rigidez constructiva del cable.

El ángulo α de desviación lateral que se produce entre el tambor y el cable debe ser inferior a $1,5^\circ$. Para enrollar un cable en un tambor debe tenerse presente el sentido de cableado. [28]

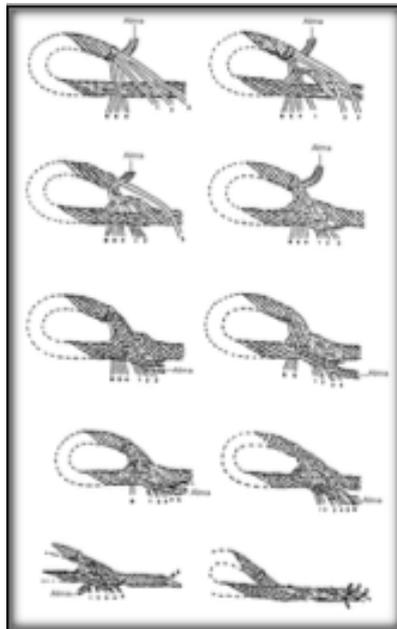
3.6.6. Terminaciones y uniones de los cables

En este apartado contemplaremos tanto la realización de empalmes entre cables como la ejecución de distintos tipos de terminales. Los sistemas comúnmente empleados son:

- Trenzado

La unión de cables mediante el trenzado es un cometido muy delicado que pide plasmarlo con mucha profesionalidad. La acción consiste en destrenzar los extremos de los cables a empalmar, para trenzarlos de nuevo simultáneamente de forma manual. La longitud que se aconseja dar a los empalmes es: de 900 veces su diámetro para los cables de arrollamiento cruzado; y de 1.200 veces su diámetro para cables de arrollamiento “Lang”. Para realizar los terminales mediante trenzado, es recomendable que la longitud de trenzado no sea inferior a 30 veces el diámetro del cable de que se trate. [26]

Figura 17. Cable Trenzado



Fuente: bezabala.es

- Con casquillos

Consiste en un manguito de aleaciones especiales que presenta muy buenas características para su conformación en frío. Se coloca a presión sobre los ramales del cable que se pretende unir.

- Con metal fundido

Se emplean casquillos habitualmente de forma cónica, en los que por el extremo menor se inserta el cable, y en el que se vierte un metal fundido que acostumbra ser zinc puro o una aleación de plomo-antimonio. [29]

Este sistema es algo más arduo que los demás, pero es el que otorga un mayor índice de seguridad. Para la preparación de estos terminales se debe actuar de esta forma :

- I. Efectuar una ligadura en el extremo del cable y otras dos a una distancia sutilmente mayor que la depresión del casquillo.
- II. Quitar la ligadura del extremo y descablear los alambres, operando a quitar el alma textil, caso de tenerla. Limpiar escrupulosamente tanto el casquillo como los alambres, sumergiéndolos en ácido clorhídrico y finalmente lavarlos con agua. [29]
- III. Trincar los alambres por el terminal para pasarlos al interior del casquillo y quitar la ligadura y pasar el casquillo. Por ultimo doblar los extremos de los alambres.

Figura 18. Terminaciones de Cables



Fuente: Elaboración propia

- IV. Volcar la colada de metal fundido al seno del casquillo, cuidando que no se produzcan fugas de metal y dejando escapar el aire. Finalmente dejar secar. Se comercializan hoy en día una serie de artículos para realizar dicha colada

Figura 19. Unión con metal fundido



Fuente: Elaboración propia

- Con abrazaderas

Este sistema es la condición más simple para realizar tanto las uniones entre cables, como para la elaboración de los anillos terminales u ojales.

El número de abrazaderas o sujeta-cabos a emplear en cada caso, variará según se trate de constituir anillos terminales o de uniones entre cables; y según el diámetro del cable. [29]

Figura 20. Unión con abrazaderas



Fuente: insst.es

3.7. EQUIPOS DE POSICIONAMIENTO DINÁMICO (DP)

Los equipos de posicionamiento dinámico son de otras clases, según sean más o menos sofisticados en cuanto al equipamiento a bordo. El equipo que presentaremos en esta memoria será de clase 2 (DP2); lo que conlleva a tener un duplicado de los equipos en cada uno de ellos para que en caso de que uno de ellos diera error. El equipo consta de dos monitores, dos teclados y dos joysticks de la marca Kongsberg. [30]

3.7.1. Introducción

En este momento, es mayor el número de buques equipados con posicionamiento dinámico, que establecen un conjunto de buques tecnológicamente muy avanzados, y que efectúan las operaciones más complejas que se consiguen realizar con un buque en la mar.

Figura 21. ABB DP operator console



Fuente: dynamic-positioning.com

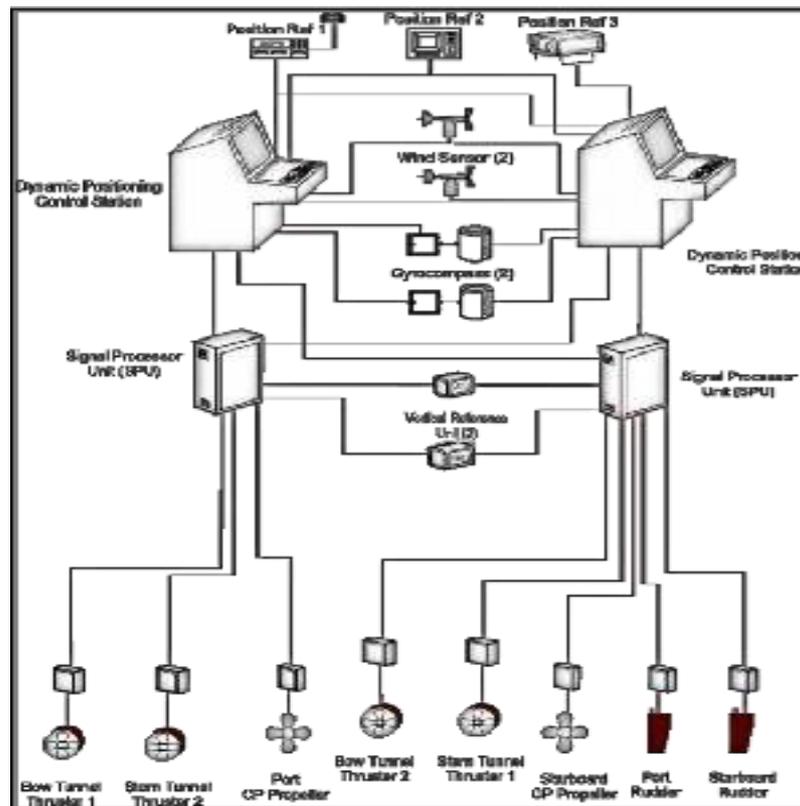
Las maniobras en posicionamiento dinámico requieren un alto grado de concentración y de especialización, ya que el operador de DP realiza las manipulaciones ante una pantalla, a veces sin tener visión sobre lo que se está ocurriendo en cubierta, realiza movimientos precisos, a veces de unos pocos metros, interactuando con otros equipos, como pueden ser un robot submarino (ROV), operaciones de remolque, o de salvamento, o con otros buques. [31]

Es imprescindible conocer los límites del equipo, las derivaciones de los fallos y cómo prevenirlos, cómo manejar el buque con seguridad, que el control de las hélices y timones del buque esté en manos de un ordenador.

Es una herramienta de gran utilidad para las labores que cumplen los buques destinados a operaciones de salvamento marítimo.

3.7.2. Esquema DP

Figura 22. Esquema DP



Fuente: nedcom.ro

3.7.2.1. Clases de equipos DP

Hay tres clases de configuraciones de posicionamiento dinámico como citamos inicialmente, cada una congruente con el nivel de redundancia que el sistema proporciona.

- Clase 1: No ofrece redundancia. Un sólo fallo en el sistema se convertirá en una pérdida total de capacidad de la estación para controlar el buque. La clase 1 estará equipada con una única terminal de control.
- Clase 2: El dispositivo está establecido de modo que cualquier fallo único no haga que el sistema quede inoperativo. Este es un sistema totalmente redundante. Los buques con Clase 2 cuentan con ordenadores de doble control y propulsores capaces para que el buque siga disponiendo de su control de posición incluso si pierde la mitad de ellos, mientras el operador DP se asegure de mantener la redundancia. [32]
- Clase 3: Los buques provistos de DP 3 llevan la clase 2 un paso más allá añadiendo una tercera estación de control, por lo que incluso un incendio o inundación en un compartimento no provocaría el fallo total del sistema. Se equipa una sala de control adicional con una estación de control separada del puente principal. De esta manera en caso de inundación o incendio, que afecte al puente principal, el control puede ser trasladado a la estación auxiliar y el mantener de la posición no deberá verse afectado. [33]

3.7.3. ¿Qué es la redundancia?

La redundancia es la capacidad para hacer frente a un solo fallo, sin pérdida de posición. Estos fallos pueden ser:

- Fallos en el funcionamiento de algún propulsor.
- Fallos en algún generador que alimente a los propulsores.
- Fallo en el PowerBus (cuando los generadores se combinen).
- Errores de la estación de control.
- Fallos en los sistemas de referencia de posicionamiento.

Para algunas operaciones la redundancia no es estrictamente necesaria. Si un barco de investigación pierde su capacidad de DP, normalmente no hay riesgo de daños o lesiones. Estas maniobras regularmente se proceden con equipos de la clase 1.[34]

Para otras maniobras, tales como las ejercicios de buceo y manejo de cuerpos de peso elevado (naufragios, remolque), se corre el riesgo de daños o lesiones. En función del riesgo, la operación se hace en la clase 2 o 3. Esto significa que por lo menos dos, tres o más sistemas de referencia de posicionamiento deben ser escogidos.

De este modo el sistema podrá en caso de fallo, seguir trabajando con los otros y a su vez; cuando todos estén en funcionamiento seleccionar aquellos cuyos valores sean estables y no difieran demasiado de los otros sistemas de posicionamiento que se encuentren online. Si se produce un solo fallo que pone en peligro la redundancia, es decir, no de una hélice, un generador o un sistema de posicionamiento de referencia, y esto no puede ser resuelto de inmediato, la operación debe ser abandonada tan pronto como sea posible.[34]

3.7.4. Análisis de consecuencias

Uno de los requisitos más importantes que exige la OMI para los buques con DP 2 y DP 3 es una función o sistema de análisis de las consecuencias online.

Esta función practica consecutivamente un análisis de la capacidad del buque para aguantar su posición y el rumbo después de un error prefijado, poniéndose siempre en el peor de los casos durante la operación. Para realizar el análisis de consecuencias se utilizan datos de las condiciones meteorológicas más importantes; los propulsores habilitados y el estado de la planta de energía.

Errores típicos del sistema que pueden ser muy graves:

- Errores en el propulsor más crítico.
- Error en un grupo de propulsores.
- Error en una sección Powerbus.

Podemos decir que esta labor de análisis nos determinará aquellos fallos que sean críticos para el sistema; es decir aquellos errores que provoquen que el sistema deje de actuar en DP 2.

La redundancia típica de un buque DP está basada en disponer de casi dos sistemas idénticos para el reparto de potencia en hélices, dos configuraciones de propulsores similares y como dos consolas de control. De forma que un fallo total en uno de los sistemas no sea suficiente para que el buque pierda su posición; entrando en funcionamiento la otra mitad del sistema que asumiría toda la responsabilidad.

3.7.5. ¿Qué es un sistema DP?

Es un sistema que controla automáticamente la posición y el rumbo del buque mediante el uso de los propulsores que dispone.

La posición y rumbo deseados por el operador (setpoints), son procesados por el sistema, que proporciona a los medios de propulsión, ya sean hélices corrientes, azimutales y transversales (Bow thruster y Stern thruster), las indicaciones oportunas para mantener la posición o rumbo seleccionados por el operador del sistema DP. [33]

Para controlar el rumbo del buque, el sistema de posicionamiento dinámico adopta los datos de una o más giroscópicas.

La finalidad de utilizar las agujas giroscópicas es descartar el posible error que éstas puedan tener. De esta forma, no se tomaría en cuenta la lectura de la gyro no correcta de forma automática. Podrá haber una que difiera un número de grados con respecto a las demás. En el caso de que exclusivamente hubiera dos gyros y una difiera de la otra, el sistema no será capaz de establecer cuál es la aguja que mide el rumbo adecuado. [33]

Casos:

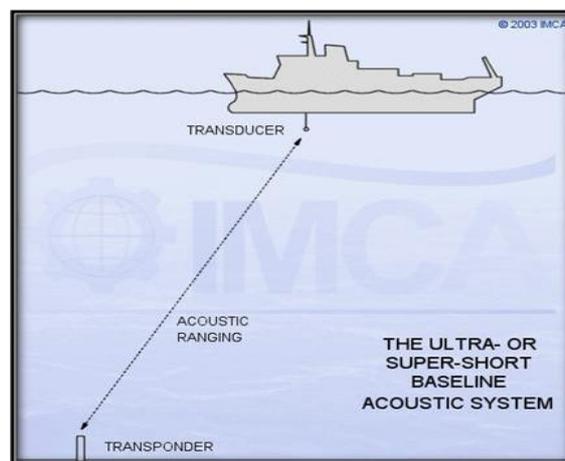
- Rgyro 1 = 180o > lectura correcta.
- Rgyro 2 = 189o > lectura incorrecta, gyro rechazada por el sistema.
- Rgyro 3 = 183o > lectura correcta.

Mientras que, para facilitar la posición, el sistema utilizará un sistema de referencia de posicionamiento (PRS O PME [35] en inglés); debemos tener en cuenta que si queremos cumplir con las especificaciones que se exige al sistema para ser un sistema DP-2 el buque debe ir provisto con dos o más sistemas de posicionamiento de referencia.

3.7.6. Sistemas hidroacústicos

- *Ultra o super-short baseline acoustic system (SSBL)*. El buque dispone de un transductor que emite un pulso que es recibido por un transponder ubicado en el fondo, al recibir el pulso, este responde. El tiempo entre la emisión del pulso y la recepción del mismo en el buque, es proporcional a la inclinación y a la distancia, a la que está el transponder en el fondo del mar. Con dichos datos se puede posicionar el buque con respecto a él. [36]

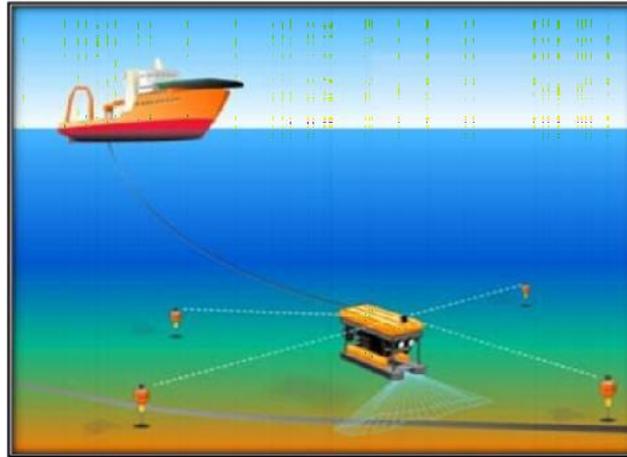
Figura 23. Sistema Hidro acústico (SSBL).



Fuente: IMCA.com [37]

- *Sistemas Hidroacústicos. (HPR)* [38] El buque dispone de un transductor submarino, que recibe datos de posición, respecto a unos transpondedores ubicados en el y operaciones submarinas.

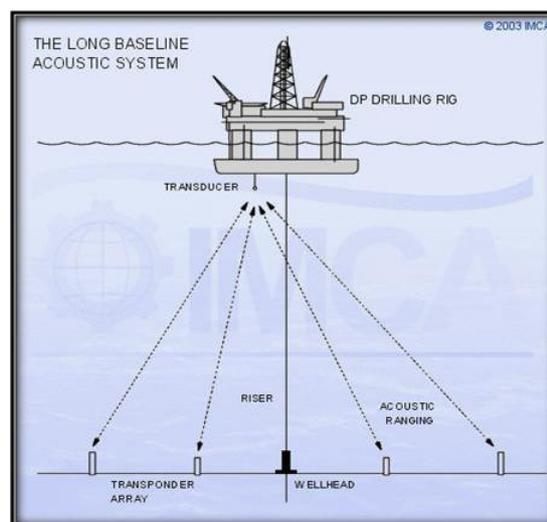
Figura 24. Sistemas Hidroacústicos. (HPR)



Fuente: konsberg.com

- *Long baseline systems (LBL)*. Este sistema utiliza una disposición de varios transponders ubicados en el fondo, formando normalmente (si hay 5 transponders) un pentágono. El buque se posicionará en la vertical del centro, mediante su transductor montado en el casco, interrogará a los transponders, pero en vez de medir ángulo y distancia, solo medirá la distancia ya que entre los transponders (baseline), es conocida. La posición del buque es obtenida geoméricamente, mediante el cálculo de distancias entre el buque y cada uno de los transponders. [39]

Figura 25. Sistema Hidro acústico Long baseline systems (LBL).



Fuente: shipseducation.com [39]

- *Short baseline systems (SBL)*. El sistema funciona de la misma manera que el LBL, a diferencia que es bajo el buque donde están ubicados al menos tres (transductores) hidrófonos, y la línea de base es la distancia entre ellos. Éstos calculan entre cada uno de ellos con respecto al transponder del fondo. [39]

3.7.7. Sistema DGPS

- GPS diferencial (DGPS) o sistema GLONASS

Es un sistema de referencia global de posición mediante satélites, que puede ser el norteamericano GPS, o el ruso Glonass, y en un futuro el Europeo Galileo. El DGPS se ha convertido en el sistema de referencia de posicionamiento más utilizado en las operaciones con D P. [40]

No debemos confundir los términos GPS con DGPS, ya que el GPS nos dará un margen de error en torno a unos 20 m. lo que hace que este sistema no sea válido para los propósitos con DP.

Con el fin de mejorar la precisión del GPS a niveles útiles para DP, correcciones diferenciales se aplican a los datos del GPS. Esto se hace mediante el establecimiento de estaciones de referencia en puntos conocidos en el esferoide WGS 84 (el esferoide funcionamiento del sistema GPS). Las pseudo-distancias obtenidas por el receptor se comparan con las calculadas a partir de las localizaciones conocidas de los satélites y de las estaciones de referencia, creando así una corrección diferencial. Estas correcciones se incluirán a continuación en un mensaje enviado al receptor de telemetría de la nave. El receptor aplica dicha corrección observada para calcular una posición diferencial. La precisión que proporcionan los sistemas DGPS es muy alta; existiendo un error mínimo con valores entre 1-3 metros dependiendo de la distancia a las estaciones de referencia, las condiciones ionosféricas o la geometría de la constelación de satélites disponible. [40]

Existen varios sistemas para obtener las anteriormente citadas correcciones diferenciales, a través del receptor DGPS:

- El servicio WAAS/MSAS, que son dos sistemas satelitarios norteamericano y japonés respectivamente que proporciona las correcciones diferenciales. Estos servicios no son en la actualidad gratuitos.
- El sistema satelitario EGNOS [41] europeo que actualmente es gratuito y de libre acceso.

Figura 26. sistema GPS/DGPS EGNOS



Fuente: puertos .es

- Las redes DGPS´s tanto española como en el resto del mundo que emiten correcciones diferenciales a través de unas estaciones de referencia reciben el nombre de Radiobeacons (a través de las cuales se transmiten las señales de las Radio balizas- Emergency Positioning Indicating Radio Beacon).
 - *La red española DGPS para la navegación marítima:*

Puertos del Estado, como responsable de las ayudas a la navegación en España, está implantando, al igual que la gran mayoría de los países del mundo, una red de estaciones transmisoras de correcciones diferenciales DGPS con el objetivo de cubrir una franja de 100 Km paralela a las costas españolas.

Dentro de ella se consigue una exactitud en la posición horizontal mayor de 10m, cumpliéndose así los requisitos la OMI. La red DGPS española para la Navegación Marítima comprende las siguientes estaciones transmisoras: Machichaco, Cabo Mayor, Peñas, Estaca de Bares, Finisterre, Punta Rasca, La Entallada, Rota, Tarifa, Málaga, Sabinal, Palos, La Nao, Cala Figuera, Mahón, Castellón, Salou, Llobregat y San Sebastián (Gerona). [EGNOS] [41]

- **El GPS Furuno-90** con receptor para correcciones diferenciales recibe la señal diferencial única y exclusivamente de las estaciones de referencia de tierra; aunque se puede configurar para recibir las correcciones a través del sistema de satélites EGNOS/WAAS.
- **El DGPS Trimble** que puede trabajar con estaciones de referencia en tierra o con cualquier de los sistemas satelitarios; podemos ver una imagen de un sistema Trimble similar al que utilizábamos a bordo. [42]

Figura 27. DGPS Trimble



Fuente: geodat.com.my

- **Sistemas Laser (p.ej. Fanbeam o Cyscan).** Realizan mediciones de distancia y azimut, con respecto a unos retrorreflectores ubicados en otro buque, o una plataforma, mediante un láser.

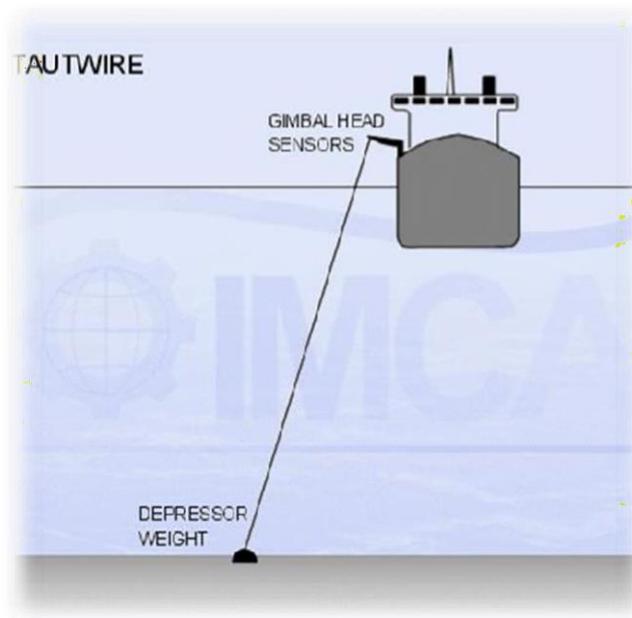
Figura 28. Sistemas Laser



Fuente: docplayer.es [43]

- **Control de tensión sobre cables de acero (Taut Wire).** Es un sistema de referencia de posición que proporciona datos precisos de los movimientos del buque, con respecto a la posición un peso (muerto) sumergido en el fondo. El peso es suspendido de un cable que se mantiene en tensión constante, mediante un sistema electroneumático, cualquier movimiento del buque afectará a la inclinación y tensión de dicho cable, este movimiento activará unos potenciómetros, generándose una señal al equipo DP, directamente proporcional al cambio en la inclinación del cable. Este sistema de grúa, winch y sensor se ubica en el costado de estribor del buque. (Taut Wire) [44]

Figura 29. Control de tensión sobre cables de acero



Fuente: IMCA.com

- Radius System

Es un sistema de posicionamiento que utiliza la tecnología radar. Se emplea en operaciones donde se precisa de una gran exactitud de la posición del barco.

El buque dispone de un emisor que emite un pulso (onda electromagnética), que es recibido por un receptor y éste envía una señal como respuesta. El tiempo entre la emisión del pulso y la recepción del mismo, es proporcional a la inclinación y la distancia a la que está el receptor. Con estos datos se puede posicionar el buque con respecto a él. El receptor suele estar en tierra o en un punto fijo de una plataforma. Podemos decir que su funcionamiento se asemeja al de un transpondedor de Radar. [Konsberg][45]

Figura 30. Radius System



Fuente: Konsberg.com

En este punto explicaremos y mencionaremos sin detenernos demasiado el uso y funciones de otros sensores:

El sistema de DP de un buque necesita otra serie de información para su buen funcionamiento; como es la información sobre las fuerzas externas que actúan sobre el buque; que son obviamente el viento, la corriente y las olas.

- *Sensor de viento*: Mide la velocidad y la dirección del viento.
- *MRU (Motion Reference Unit)*: Es una unidad de referencia de movimiento. Mide las aceleraciones y la amplitud del movimiento de cabeceo y de balance. Con estos datos determina la altura de ola y la dirección de la corriente. El sensor MRU va instalado en la cubierta inferior a la del puente, en la línea de crujía. [46]

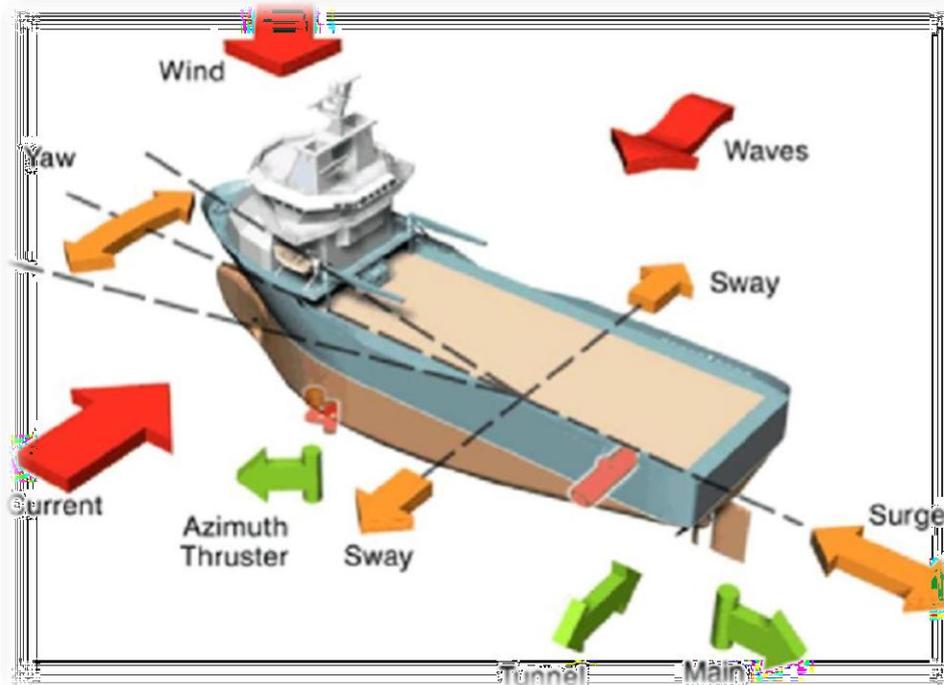
- **¿Cómo funciona?**

- Movimientos y fuerzas básicas: Un buque en el mar está sujeto a la acción de fuerzas del viento, olas, y corriente, además de a la producida por la acción de sus propulsores. La respuesta del buque a la acción sobre el mismo de todas estas fuerzas es alterar su posición, rumbo, y velocidad, que son medidas por los sistemas de referencia de posición, giroscópicas, y sensores verticales de referencia (VRS), además la intensidad, y dirección del viento, son medidos por el equipo de viento del sistema. [46]

El sistema DP calcula toda desviación entre la posición real del buque y la deseada por el operador, con estos datos el sistema calcula las fuerzas que se deben proporcionar a los propulsores del buque, para hacer esta desviación lo más pequeña posible.

El sistema controla el movimiento del buque, en tres grados de libertad conocidos como; sway (Proa - Popa) y yaw (Babor - Estribor). Se sabe que el buque se desplaza en otros tres grados de movimiento que serían: cabeceo (pitch), balance (roll) y la emersión/inmersión (heave). Estos movimientos no se pueden controlar ni corregir por el sistema DP. [46]

Figura 31. Funcionamiento de fuerzas sistema DP



Fuente: riull.ull.es [47]

3.7.8. Modelo del buque

El sistema DP está basado en un modelo de buque, que contiene la descripción hidrodinámica del buque, incluyendo características como los coeficientes de arrastre, bloque, eslora, manga, ubicación de los propulsores, el desplazamiento... Este modelo, describe como serán las reacciones o movimientos del buque, en función de las fuerzas actuantes sobre él. A la vez este modelo se ve influenciado por las siguientes fuerzas; [47]

- Un modelo de viento usa un conjunto de coeficientes de viento, con varios ángulos de ataque para calcular la FUERZA DEL VIENTO (wind force), como función de la intensidad y dirección del viento.
- Un modelo de propulsión utiliza las características, fuerza, rpm, Pitch (paso de hélice), para calcular (thruster force), de acuerdo a las señales de realimentación de las hélices, y propulsores.

Usando las características del buque, y las fuerzas aplicadas sobre él, el modelo del buque calcula la velocidad estimada, y la posición y rumbo estimados, en cada uno de los tres ejes de libertad, surge, sway y yaw. [47]

Durante las pruebas de mar el modelo del buque es modificado para optimizar la descripción a las características del buque.

3.7.8.1. Actualización del modelo del buque

El modelo del buque nunca puede ser una representación perfectamente ajustada al buque real. No obstante, usando una técnica conocida como el Filtro de KALMAN, la posición y rumbo estimados por el modelo, es continuamente actualizada, con la posición real del buque medida por los sistemas de referencia de posición, y las giroscópicas.

La predicción de posición y rumbo proporcionada por el modelo del buque es comparada con la posición medida por los sistemas de referencia, para obtener una diferencia de posición y rumbo. Sin embargo, estas diferencias pueden ser causadas por ruido y perturbaciones en los valores medidos, por lo que son filtradas antes de ser utilizadas para actualizar el modelo del buque.

Simultáneamente, el modelo del buque, y el filtro de Kalman proporcionan un filtrado efectivo del ruido en las mediciones de rumbo y posición, y una combinación óptima de datos de los diferentes sistemas de referencia.

En el caso de pérdida de las señales del sistema de referencia (dropout), no existe un efecto inmediato sobre la capacidad de posicionamiento del sistema. El modelo del buque continuará generando posiciones estimadas, aun cuando no haya actualizaciones posteriores del modelo. Esta navegación por estima será inicialmente muy precisa, pero se irá deteriorando gradualmente con el tiempo. [Kalman][48]

Estas y otras aplicaciones son utilizadas durante operaciones de salvamento y operaciones offshore que veremos más adelante.

3.7.8.2. Ventajas y Desventajas DP

Ventajas DP:

- El buque está totalmente autopropulsado; no requiere de otros remolcadores para realizar cualquier maniobra.
- Situarse en una posición determinada se realiza de forma fácil y sencilla.
- El buque es muy maniobrable. Una rápida respuesta a los cambios en las condiciones.
- Una rápida respuesta a los cambios en las condiciones meteorológicas es posible.
- Rápida respuesta a cambios en las órdenes de una maniobra u operación.
- Gran capacidad para trabajar en aguas poco profundas.
- Se reduce el tiempo de maniobra.
- Se evita el riesgo de dañar el fondo marino (en caso de que haya tuberías, cables...) al no utilizar anclas ni elementos de fondeo.
- Se evita amarrar a otros buques o a plataformas para realizar las operaciones deseadas.

Desventajas DP:

- Gran desembolso económico para la instalación del sistema. Puede fallar el mantenimiento de la posición debido a un fallo en el equipo.
- Alto consumo de combustible.
- Se puede perder el control del buque en condiciones meteorológicas extremas, en aguas poco profundas o cuando las mareas y corrientes son extremadamente fuertes.
- Se requiere un número mayor de personal para operar y mantener el equipo.

Ahora hablaremos brevemente sobre el uso del DP en situaciones de contaminación ya que a su vez es esencial al poder mantener una misma posición y tener en un gran porcentaje el control del vertido, con ello se usaron diferentes elementos que contribuyen a una rápida y eficaz recogida del vertido por completo y con seguridad.

3.7.9. Operaciones de lucha contra la contaminación

El sistema de posicionamiento dinámico proporciona una gran versatilidad a los buques dotados con este sistema. Normalmente la velocidad de remolque de una barrera es inferior a 1.9 Knot, con el sistema D P, se pueden posicionar y remolcar una barrera a velocidades muy bajas, logrando una mayor precisión en las operaciones lucha contra la contaminación, ya que proporciona una mayor capacidad de maniobra mientras se remolca una barrera, o se trabaja conjuntamente con un Skimmer. [49]

3.7.10. Operaciones de búsqueda o de rescate submarinas, utilización de ROV's

Figura 32. Remote Operated Vehicle



Fuente: schmidtocean.org fr

Un buque equipado con DP es una plataforma óptima para realizar, cada vez más frecuentes en salvamento marítimo.

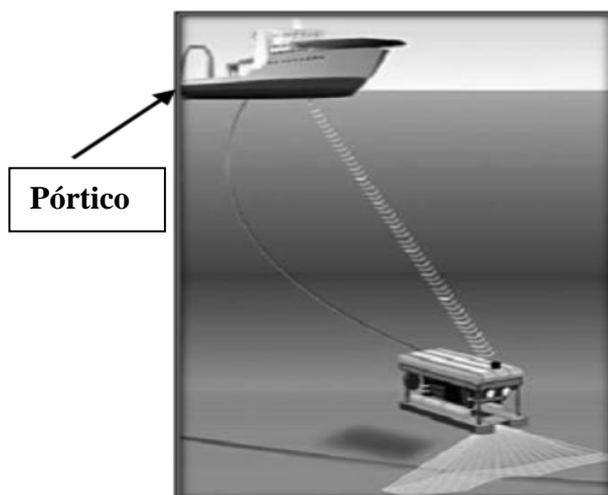
Un **ROV** (*Remote Operated Vehicle*), [50] Vehículo operado a distancia) son vehículos que están controlados por un operador que no está en el vehículo obteniendo muchos beneficios (Álvarez). Pueden estar operados por señales de radio o mediante un cable o una línea que conecta el vehículo a donde se encuentra el operador.

Es capaz de sumergirse a mayor profundidad de lo que son capaces los buzos también es capaz de localizar el casco de un buque hundido mediante el sónar, y tomar imágenes del mismo, que posteriormente pueden ser analizadas, para planificar una operación. También puede, si está equipado con brazos manipuladores, recuperar objetos del fondo, o manejar herramientas.

El buque en cambio proporcionará al ROV, una plataforma de trabajo estable, permaneciendo en la vertical del mismo, sin moverse, o seguir al robot en su navegación submarina, mientras, por ejemplo, realiza una búsqueda o una inspección (follow target). [50]

En la fotografía se puede apreciar un ROV, éste está unido permanentemente al buque por un cable (umbilical), a través del cual se comunica con la superficie, también se puede apreciar el pórtico, que evita que el umbilical trabaje demasiado cerca de las hélices del barco.

Figura 33. ROV underwater



Fuente: vvlairov.com [51]

3.7.11. Operaciones buque-buque en la mar

Operaciones de transferencia de cargas, ambos buques operando en posicionamiento dinámico, uno de ellos mantiene su posición, mientras que la otra maniobra para acercarse. Esto permitirá a ambos buques, realizar, transferencias de cargas, o equipos en la mar, con una mayor seguridad, y precisión. En este tipo de operaciones, habrá que poner especial atención, a las interacciones que se pueden dar entre las hélices de ambos buques.

Figura 34. Buque asistiendo a siniestrado



Fuente: Elaboración propia

3.7.12. Operaciones de asistencia a buques siniestrados

El buque puede mantenerse en las inmediaciones de un buque con problemas, o en punto geográfico determinado, durante largos periodos de tiempo. Puede mantener una distancia determinada constante a un buque, y si procede la utilización por ejemplo de los cañones contra- incendios (FI-FI) o prestar algún otro tipo de asistencia.

3.7.13. Otras operaciones

Cada vez es más común encontrar buques que dispongan de sistema DP sobretodo en la industria del crudo y del gas; cableros... Enumeraremos ahora otras operaciones, que no propias de buques de salvamento si son propias de buques DP:

- Tendido de cables submarinos.
- Rock dumping (erosión de roca y de fondos marinos).
- Operaciones dragado y tuberías marinas.
- Operaciones para el arado de fondos marinos.
- Unidades de perforación mar adentro.
- Operaciones de gabarras, grúas y gánguiles.
- Buques semi-sumergibles especializados en el transporte de cargas pesadas.
- Operaciones de los buques FPSO y FSO.
- Grandes buques de pasaje y militares.

4. SALVAMENTO & RESCATE

En esta parte del trabajo enumeraremos y explicaremos en resumen todos aquellos dispositivos que se han usado para el salvamento y rescate de personas; así como todos aquellos medios y dispositivos utilizados para auxiliar a buques siniestrados. Comenzaremos dando una breve explicación de los medios auxiliares (embarcaciones Weedo 910 y Weedo 710) de rescate, así como embarcaciones auxiliares de trabajo (tender) o embarcaciones usadas en buques factoría de pesca.

4.1. EMBARCACIONES AUXILIARES

Una embarcación auxiliar es uno de los dispositivos más utilizados y esenciales a bordo, ya que se define como la forma más rápida y eficaz de intervenir en situaciones donde el buque tenga una maniobra más restringida o se imposibilite su movimiento, debido a, estancia en zonas de poco movimiento o en una situación de uso del DP (como explicamos en el punto anterior).” (Gómez Vázquez)[52]

Comenzaremos explicando una embarcación que estaba enfocada directamente a trabajos donde no se requiera una velocidad a gran altura sino un potente tiro para el remolque.

La weedo 910 ha sido diseñada por Maritime Partner; sus principales funciones, mencionadas en el párrafo anterior, son: recogida de residuos, tendido de barreras, salvamento y rescate y remolque. [53]

Sus principales características:

- Eslora (Length) y manga (Beam): 9,100 x 2,900
- Gt equipada: 3,75 Tm.
- N° máximo de personas: 6 pax. o hasta 4200 kg.
- Tiro a punto fijo: 2 Tm.
- Motor Volvo de 200 Cv.
- Hélice de 3 palas de pitch reversible.

Para arriar la embarcación, se realiza sencillamente a través de un pescante; se resalta también la importancia de una boza a proa.

En función de que se vaya arriando la embarcación con el pescante se lasca la boza para permitir que la embarcación llegue al agua.

El sistema cobra su mayor importancia a la hora de recuperar la embarcación del agua. Para subir la embarcación a bordo, primero se hará firme la boza a proa de la embarcación.

La boza se encontrará flotando en el agua gracias a un flotador. Una vez se haga firme la boza, se hará firme el gancho del pescante. Este sistema sube la embarcación con rapidez y sin que ésta gire en torno al gancho de subida.

Figura 35. Embarcación de rescate weedo 910



Fuente: www.nauticexpo.com

Figura 36. Embarcación de rescate weedo 910



Fuente: www.nauticexpo.com

Una vez vista la Weedo 910; comentaremos la Weedo 710 de intervención rápida, destaca por disponer de una bola que se infla para adrizar la embarcación, además de ser material rígido. Su principal función es el rescate de personas naufragadas en la mar. Consta en el motor de un propulsor Waterjet de 200HP (Horse Power; CV), lo que le da la posibilidad de alcanzar una velocidad de hasta 35Knot. [53]

Es una embarcación muy estable, además de ser verdaderamente rápida, para poder rescatar con facilidad a cualquier persona independientemente de las condiciones meteorológicas y del estado del mar.

Sus principales características son las siguientes:

- Dimensiones: 7,270 x 2,90 m.
- Calado (con 3 personas): 0,44 m.
- Peso totalmente equipado: 2,020 Tm.
- Número de personas máximo: 15 pax. ó 3,145 Tm.
- Sistema de propulsión: motor diesel intraborda con refrigeración de agua dulce 200 Cv. 3800 r.p.m.
- Autonomía: 5 horas o 125 millas a velocidad de crucero.

4.2. CESTA DE RESCATE

Es un sistema de recogida o método de rescate cuando la gente se encuentra próxima al buque, mediante una grúa que mueve la cesta de rescate.

Un modelo de cesta suele tener un peso de 150kg.

Tiene un máximo de 8 pax a bordo, y dispone de unos flotadores y rolines con una gran flotabilidad alrededor de ella para atribuirle una mayor estabilidad, además de ser giratorios en el borde superior.

Como máximo se podrán introducir 8 personas a bordo, que se incorporarán a través de estos giratorios de una forma afable y segura, aún con malas condiciones meteorológicas, viento o mar de fondo.

Como tiene un peso elevado, se harán firmes en situaciones de mala mar unos cabos al buque que la harán más segura para el embarque de los náufragos, que, a su vez, siempre deben estar conscientes para poder embarcar en dicha cesta.

Figura 36. Cesta de rescate



Fuente: Elaboración propia

4.3. RED DE RESCATE

La red de rescate de náufragos funciona como si fuera una red de arrastre de un buque pesquero; el sistema de recogida de náufragos es muy similar.

Esta red se suele encontrar en buques con la finalidad de Rescate y Salvamento, y a su vez suele estar estibada en uno de los costados donde hay unas portas y la Rescue Zone. Suele estar apoyada por la ayuda de una grúa donde uno de sus extremos saldrá fuera del buque mientras que el otro quedará firme a bordo para poder facilitar el rescate actuando como un rollo que lleva al náufrago a bordo.

El sistema está creado para que con ayuda de una de las embarcaciones auxiliares los náufragos sean depositados en la red, aunque también pueden ser los propios náufragos los que naden hacia ella o incluso con el remolcador avanzando muy lento (con DP) recoger a las personas que se encuentren en el agua. En malas condiciones de mar es muy efectiva.

Figura 37. Red de rescate



Fuente: Elaboración propia

4.4. RECOGIDA DE HIDROCARBUROS Y BARRERA ANTICONTAMINACIÓN

Para los trabajos de contención y recogida se emplea unas barreras que rodean los vertidos y se espera que puedan recuperar el máximo de combustible que se haya vertido desde los tanques del barco accidentado. [54]

Figura 38. Recogida de hidrocarburos



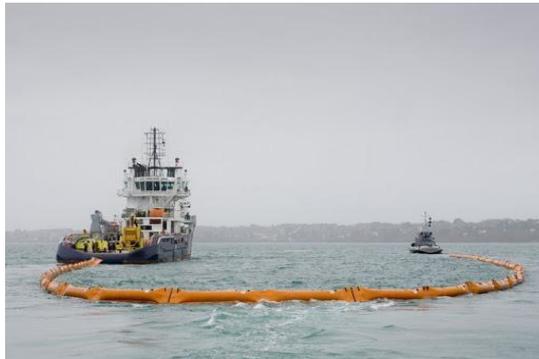
Fuente: farodevigo.es

Para el uso de la barrera anticontaminación, (un ejemplo son las uniboom 300”, y la uniboom 150”) u otros medios para los que se necesite tanques de presurización, hace falta que el buque tenga y disponga de un sistema de tanques presurizados a bordo.
[55]

Entre los usos de estos tanques destaca:

- Hinchado de la barrera anticontaminación.
- Hinchado de los globos para puestas a flote de pequeñas embarcaciones y gabarras hasta un peso máximo de 40 toneladas.
- Achicado de bodegas mediante aire comprimido.

Figura 39. Barrera anticontaminación



Fuente: <http://es.rcy.fr/> [56]

4.5. DEFENSAS

- Yokohama Fender´s JYBF Changlin.

Figura 10. Defensas



Fuente: *Elaboración propia*

El buque está provisto de tres defensas de 750 kg y $\varnothing= 2\text{ m} \times 2,5\text{m}$. El uso de estas defensas es diverso en cuanto al rescate ya que pueden ser para proteger en operaciones buque- buque; También pueden usarse para reflotar un buque con una vía de agua, con una rotura en la bocina, una abertura en el trancañil o cualquier situación que pueda llevarlo al hundimiento de forma rápida.

4.6. GLOBOS DE ELEVACIÓN O DE PUESTA A FLOTE

Otro método retirar restos del hundimiento de embarcaciones siniestradas es el empleo de globos de elevación que son hinchados con el compresor.

Figura 41. Globos de elevación



Fuente: www.laprensa.hn

Tabla 2. Tabla explicativa de modelos de globo y su capacidad de elevación

Modelo	Capacidad de elevación	de GRILLETES DE SUJECCION
Sp 4000	2000 kg	3,25 Tm
Sp 6000	3000 kg	4 3/4 Tm
Sp 6000	3000 kg	4 3/4 Tm
Sp 6000	3000 kg	4 3/4 Tm
Sp 6000	3000 kg	4 3/4 Tm
Sp 6000	3000 kg	4 3/4 Tm
Sp 12000	6000 kg	6 1/2 Tm
Sp 12000	6000 kg	6 1/2 Tm
Sp 12000	6000 kg	6 1/2 Tm
Sp 12000	6000 kg	6 1/2 Tm
Pf 4000	2000 kg	3,25 Tm
Pf 6000	3000 kg	4 3/4 Tm
Pf 12000	6000 kg	6 1/2 Tm

Fuente: Elaboración propia

4.7. CAMARA SEAFLIR

Figura 42. Cámara SEAFLIR II



Fuente: flir.es [57]

La cámara SEAFLIR II es una cámara térmica que utiliza tecnología de infrarrojos (IR). Es sensible a los cambios de temperatura ofreciendo imágenes claras y nítidas de blancos (Náufragos) situados hasta una distancia de 6millas (11km). Podríamos distinguir un náufrago en el medio del mar debido a la diferencia de temperatura entre éste y la masa de agua. Este sistema tiene un gran número de utilidades: [57]

- Búsqueda de náufragos.
- Evasión de colisiones.
- Monitorización del tráfico marítimo.
- Vigilancia.

4.8. Medios de salvamento a bordo

4.8.1. Chalecos salvavidas y aros salvavidas

La disposición de los chalecos a bordo puede ser variada, en espacios señalizados e imprescindibles y la cantidad según el tipo del buque y su capacidad máxima.

1. Cubierta de puente y Cubierta de máquinas.
2. Cubierta A y B.
3. Cubierta Castillo y Cubierta Principal.

Estos chalecos disponen de una luz automática y de silbato. Son chalecos diseñados para adultos con un peso > 32 Kg. Además de éstos, también existen con radiobaliza incorporada.

Figura 43. Chaleco con radiobaliza incorporada



Fuente: Elaboración propia

El buque dispone de los siguientes aros salvavidas:

Los aros salvavidas están distribuidos en diferentes zonas del buque, siempre estando en cubierta en lugares donde estén amarrados al buque además de estar con una rabiza (cabo flotante) de un mínimo de 25-30 metros con el que permite lanzarlo desde el buque y que el náufrago lo coja.

También existen aros salvavidas con señal luminosa y señal fumígena (alcance de 4-6 millas) de humo naranja; por otra parte, la señal luminosa tiene una duración máxima de 2h.

Figura 44. aro salvavidas



Fuente: Elaboración propia

4.8.2. Trajes de supervivencia:

Son universales y están homologados para sobrevivir 12h en aguas de 0°C, también están diseñados para poder ponérselos únicamente en una práctica de menos de 2'. Suelen tener una guía en la funda que les facilita el ponérselo.

4.8.3. Balsas salvavidas

Las balsas instalan un dispositivo de zafa hidrostática para que en el caso de hundimiento del buque éstas se zafen automáticamente a los 4 metros de profundidad por la presión que ejerce el agua a medida que intensifica la profundidad.

Figura 45. Traje de supervivencia



Figura 46. Balsas Salvavidas



Fuente: Elaboración propia

4.8.4. Pirotecnia y Lanzacabos

El buque está provisto de un dispositivo pirotécnico completo integrado por:

- bengalas de cohete con paracaídas; vuelo hasta 300 m.
- bengalas de mano.
- botes de señales fumígenas.

En la imagen vemos un aparato lanzacabos que puede alcanzar los 230m de longitud.

Figura 47. Lanzacabos



Fuente: Elaboración propia

5. CONCLUSIONES

Una vez explicado todos los puntos del trabajo resaltaremos un poco más en detalle las partes más relevantes de este estudio sobre el remolque y salvamento.

Nos centraremos en los conceptos de rescate y remolque ya que es la parte mayoritaria en el trabajo debido a su abundancia de información y complejidad.

En una primera fase podemos ver los tipos de remolque, tema muy importante según la disposición, así como en caso de que haya o no tripulación a bordo del buque.

Vamos a mencionar los tipos, ya que, dentro del remolque, la comprobación del sistema del aparejo, cable sin deformaciones o roturas, gancho y maquinillas en buen estado. Maquinillas de guiado del cable de la catenaria. Comprobación del mensajero y lanzacabos en caso necesario.

Remolque 1 tenemos cuando es un buque sin arrancada ni propulsión y a la deriva y sin gobierno. Vemos como se trataría en este caso ya que tiene que haber una buena coordinación para llegar a tener un tren de remolque con una buena catenaria y una misma velocidad, muy importante para realizar un buen remolque.

En los remolques del caso 2 y 3 tenemos los casos del buque que se encuentra sin propulsión y sin gobierno con tripulación a bordo y sin tripulación a bordo, respectivamente. En estos casos hemos visto que se procede de dos formas diferentes, ya que tenemos un tiro de remolque por retorno o por seno de la estacha; y un caso de tener que realizar una charla y aplicar métodos usados en otros buques, ya que no es una situación especialmente fácil para realizar un buen remolque.

En los siguientes casos tenemos un buque por peligro de varada con y sin tripulación a bordo donde el método es muy similar a los anteriores, pero a este le podemos añadir el hándicap de que se trata de un buque en especial peligro por ser varado con terribles daños para su estructura, medioambiente y un posible vertido así como su complicada retirada, posteriormente y conjunto a ello la posible derivación de remolque a rescate ya que se considera tripulación a bordo y hay riesgo de poner en peligro la vida de las personas.

También se hace un estudio sobre el calculo de catenaria apoyado con formulas, que es una parte del tren de remolque. En el calculo del tren del remolque se puede deducir la importante cantidad de cable botado al agua para realizar una catenaria adecuada según el remolque a realizar.

La catenaria la vamos a definir como la parte del tren del remolque donde tenemos el peso del cable sumergido en el agua, ya que obviamente nunca se envía directamente el cable de remolque al buque remolcado.

Tenemos el bollard pull que es el tiro de remolque para comprobar su fuerza, Conjunto a ello, requiere saber que el cable tiene diferentes formas de armado y su alma diferentes tipos de material.

En el sistema DP es un tema en el que no se puede profundizar para establecer conceptos nuevos ya que esta muy aplicado hoy en día a buques de apoyo a plataformas o buques que requieran realizar operaciones en un punto fijo sin perturbaciones.

Cabe destacar la importancia del DP en situaciones de rescate y contaminación ya que requieren mantenerse en ese punto, conforme a las condiciones meteorológicas, debido al estado del buque a remolcar, o de la zona de trabajo.

Por ultimo tenemos todos los sistemas y elementos de forma clara y concisa y su uso en situaciones de búsqueda y emergencia. La seguridad siempre es una opción de riesgo. [6]

Estos se pueden definir como un gran apoyo y muy útiles a la hora de trabajar en este tipo de situaciones.

6. BIBLIOGRAFÍA

- [1] <https://www.fomento.gob.es/el-ministerio/organizacion-y-funciones/secretaria-de-estado-de-infraestructuras-transportes-y-vivienda/secretaria-general-de-transporte/direccion-general-de-la-marina-mercante>
- [2] <https://www.boe.es/>
- [3] <https://www.practicosdepuerto.es/index.php?q=colegio-federacion/publicaciones/tipos-de-remolcadores-voith-water-tractor-y-sus-aplicaciones>
- [4] Alea Díez, Eduardo. "Operativas de remolque marítimo." (2015).
- [5] https://www.shipownersclub.com/media/2015/08/PUBS-Loss-Prevention-Tug-and-Tow-Safety-and-Operational-Guide_A5_onscreen.pdf Documento Pdf
- [6] Rodrigo de Larrucea, J. (2015): SEGURIDAD MARITIMA. TEORÍA GENERAL DEL RIESGO. Ed, MARGE BOOKS.
- [7] <https://www.kotug.com/newsmedia/drone-technology-safer-tug-operations>
- [8] Republica Oriental del Uruguay, ANPNN, “*Requerimientos relativos a la certificacion de traccion a punto fijo y Sistema de propulsion de remolcadores*” Montevideo-(2014)
- [9] http://www.maniobradebuques.com/listaAT_03/posicionamientodinamico.html
- [10] Wilson, Kleber Gutierrez, and Cristobal Mariscal Diaz. *Diseño preliminar de un remolcador prototipo para la armada nacional*. BS thesis. 2003.
- [11] Piñero Cebrián, Pedro. "Proyecto básico del grupo hidráulico principal de un remolcador polivalente de salvamento y lucha contra la contaminación." (2014).
- [12] Fariña Orihuela, Jonathan. "Maniobras con remolcadores." (2015).

- [13] Roldán Estrada, Álvaro. "Manual de remolque de altura." (2014).
- [14] González, Francisco J. Velasco, et al. "Aplicación del Control QFT Robusto a la Maniobra de Cambio de Rumbo de un Buque." *Automática* (2003).
- [15] Malonda López, María Victoria. "Estudio hidrodinámico y diseño del remolque para una dique flotante de 10000 toneladas de desplazamiento." (2019).
- [16] Malonda López, María Victoria. "Estudio hidrodinámico y diseño del remolque para una dique flotante de 10000 toneladas de desplazamiento." (2019).
- [17] Yarin Achachagua, Anwar Julio. "Análisis técnico para diseñar un remolcador moderno bajo la norma de clasificación de la American Bureau Shippng." (2009).
- [18] Cueto Puente, Enrique, et al. "Bita guía dinámica para barcos remolcadores." (2002).
- [19] Quinteros, William Martín Cipriano, and William Martín. "Maniobrabilidad de Buques." *Universidad Nacional de Ingeniería de Lima, Perú* 5 (2009).
- [20] Martínez Lezcano, Óscar. "Identificación de las situaciones de peligro de accidente en las maniobras de remolque portuario." (2014).
- [21] Couce, Luis Carral, et al. "Caracterización de la tracción de la maquinaria de cubierta de un Buque Offshore Anchor Handling Tug."
- [22] Nico, Giovanni, et al. "Measurement of pier deformation patterns by ground-based SAR interferometry: Application to a bollard pull trial." *IEEE Journal of Oceanic Engineering* 43.4 (2018): 822-829.
- [23] <https://es.scribd.com/doc/131493756/Bollard-Pull>

- [24] Ledesma Estévez, Daniel. "Maniobras y elementos de remolque a bordo de remolcadores portuarios." (2018).
- [25] Caro, Raúl Villa. *Sistemas de amarre en buques: situación actual y evolución futura*. Diss. Universidade da Coruña, 2015.
- [26] Carreras, Pere Sabaté, and Facultativo de Minas. "NTP 155: Cables de acero."
- [27] Santarelli, M., and J. Basañez. "Consideraciones acerca del sistema propulsor de arrastreros en funcion del arte de pesca." *II Congreso Ibero-Americano de Engenharia Naval*. 1980.
- [28] Weyler Pérez, Rafael, et al. "La pérdida de seguridad en las líneas de remolque por problemas de fatiga en los trenzados de fibras sintéticas: trabajo de divulgación." *Weyler, R...[et al.] "La pérdida de seguridad en las líneas de remolque por problemas de fatiga en los trenzados de fibras sintéticas: trabajo de divulgación". Boletín Intexter, 2006, núm. 129, p. 43-48 (2006).*
- [29] Llorens Duran, Josep Ignasi de. "Terminales de cables." (2017).
- [30]<https://www.kongsberg.com/maritime/products/vessel-reference-systems/position-systems/relative-position-reference-system-radius/>
- [31] <https://vdocuments.mx/usn-towing-manual.html>
- [32] <https://geodat.com.my/about-us/>
- [33] Villar Arenal, José Manuel. "Posicionamiento dinámico: principios, características y operaciones." (2012).
- [34] Rodríguez Díaz, Pablo. "Remolcador de puerto de 55 TPF." (2015).
- [35] Ramírez González, Pedro, and Lidia Yurena Pérez Marcelino. "Fundamentos para un operador de sistemas de posicionamiento dinámico." (2016).

- [36] Watson, Marvin, Chester Loggins, and Y. Thomas Ochi. "A new high accuracy super-short baseline (SSBL) system." *Proceedings of 1998 International Symposium on Underwater Technology*. IEEE, 1998.
- [37] <https://www.imca-int.com/>
- [38] <https://www.maritimejournal.com/news101/tugs,-towing-and-salvage/trelleborg-making-tug-operations-safer>
- [39] <https://shipseducation.com/training/>
- [40] Specht, C. E. Z. A. R. Y. "DGPS and EGNOS systems in hydrographic survey-accuracy analyses at the Polish sea area." *Hydroacoustics* 10 (2007): 193-198.
- [41] Gauthier, L., et al. "EGNOS: the first step in Europe's contribution to the global navigation satellite system." *ESA bulletin* 105 (2001): 35-42.
- [42] Landau, Herbert, et al. "Trimble's RTK and DGPS solutions in comparison with precise point positioning." *Observing our Changing Earth*. Springer, Berlin, Heidelberg, 2009. 709-718.
- [43] <https://docplayer.es/>
- [44] García, Ramón Ferreiro, and Cristina Soledad Chas Vázquez. "Introduction to ship dynamic positioning systems." *Journal of Maritime Research* 5.1 (2008): 79-95.
- [45] Sebastián, Arrieta, and Francisco Javier. "Sistemas de posicionamiento dinámico: Kongsberg vs Rolls Royce, un estudio comparativo." (2018).
- [46] Jin, Xiaojian, et al. "Floatover Installation Technology With a DP2 Class Dynamic-Positioning Semisubmersible Vessel." *The 28th International Ocean and Polar Engineering Conference*. International Society of Offshore and Polar Engineers, 2018.

- [47] <https://riull.ull.es/xmlui/>
- [48] Ramírez, Álvaro Solera. "El filtro de kalman." *Documento de trabajo del Banco Central de Costa Rica, elaborado en la División Económica, Departamento de Investigaciones Económicas* (2003).
- [49] https://www.itopf.org/uploads/translated/Final_TIP_4_2011_SP.pdf Documento Pdf
- [50] Sánchez Álvarez, José Carlos. "Beneficios del uso de ROV's en las operaciones de Búsqueda y Rescate del Grupo de Salvamento de la Marina de Guerra del Perú." (2019).
- [51] <http://vvlairov-com.m.spanish.sell.everychina.com/p-105066632-underwater-big-manipulator-arm-vvl-ks-e-suitable-for-salvaging-large-objects-such-as-crab-cage-breeding-cage-etc.html>
- [52] Gómez Vázquez, Edgar. "Manual de remolque: Procedimiento, planificación, operatividad y técnicas en salvamento marítimo." (2016).
- [53] Tizón Freijomil, Alejandro. "Remolcador de altura de 220 TPF/Weedo910 (Salvamento, rescate, anticontaminación)." (2015).
- [54] <https://www.farodevigo.es/gran-vigo/2015/09/15/ria-vigo-prueba-nuevos-equipos/1313872.html>
- [55] Moreno Oropesa, Víctor. "Estudio de los sistemas de lucha contra la contaminación y remolque de un remolcadores SAR de Salvamento Marítimo." (2014).
- [56] <http://www.rcy.fr/barrages-anti-pollution/>
- [57] <https://www.flir.es/browse/marine/fixed-mount-thermal-cameras/>