CHIGRES PARA FINES CIENTÍFICOS EN BUQUES OCEANOGRÁFICOS

Carral Couce, L.[1]; Fraguela Formoso, J. A.[1]; Alvarez Feal, C.[1]; Villa Caro, R.[1]; Costal Millán M.[1]; Rodríguez Guerreiro M. J.[1];Carral Couce J. C.[2]

[1]Universidad de La Coruña, lcarral@udc.es

[2]Carral Design, jcarral@icoiig.es

RESUMEN.

Resulta imprescindible un mayor conocimiento de los océanos, por ello la Oceanografía, está llamada a alcanzar un gran desarrollo futuro. Dentro de esta actividad investigadora, los buques oceanográficos constituyen un instrumento de importancia. En su misión deberán ser capaces de llevar a cabo investigaciones multipropósito, disponiendo de instalaciones básicas para el desarrollo de disciplinas marinas, tales como: Oceanografía Física, Oceanografía Química, Oceanografía Biológica y Oceanografía Geológica.

Para el desarrollo de las campañas de investigación, el buque debe organizar su configuración de equipos y servicios atendiendo a diversos escenarios: pesca, oceanográfico, sísmico, ROV y acústico. En todos ellos los chigres científicos, siendo fijos al buque o portátiles, son utilizados para bajar, remolcar y subir instrumentos unidos por cables, permitiéndole llevar a cabo los trabajos de investigación en el mar. El artículo persigue estudiar y caracterizar estos equipos.

1. INTRODUCCIÓN.

Cubriendo más del 70 por ciento de la superficie de la Terra, los océanos regulan nuestro tiempo atmosférico y clima, proporcionándonos multitud de recursos por contener gran parte de la biodiversidad de la Tierra. Estas circunstancias hacen que el aprovechamiento de los océanos resulte transcendental para nuestro desarrollo, siendo previsible que, dada su condición de espacio inexplorado, se constituyan en este siglo como una mueva frontera para la humanidad (Baird, 2006). Por todo ello, la Oceanografía, como ciencia multidisciplinar que

se dedica al estudio de los océanos, los fenómenos que ocurren en él, así como su interacción con los continentes y la atmósfera, está llamada a alcanzar un gran desarrollo futuro.

En base al mapa de superficie del mundo, con exactitud los océanos cubren el 71% del globo. A pesar de nuestra proximidad al mar la mayor parte de los océanos y sus fondos, a día de hoy, permanecen sin explorar, ya que según estima La Administración Oceánica y Atmosférica Nacional estadounidense (NOAA), una cifra comprendida entre el 95 y el 99 por ciento de los fondos marinos se encuentra inexplorado (NOAA, 1998). La Oceanografía trata de cubrir ese vacío, resultando sus estudios de especial interés por los motivos que identifica Periáñez (2010):

- Debido a la obtención de recursos en forma de alimentos a través de la pesca y la acuicultura
- El empleo del océano como infraestructura por parte del transporte marítimo o en actividades recreativas y deportivas
- La explotación de los recursos materiales de sus fondos, como la extracción de gas y petróleo mediante la utilización de estructuras en la costa o en mar abierto.
- Como consecuencia de que el océano afecta al tiempo atmosférico y climático
- Buscando conocer el impacto de los contaminantes que, en el desarrollo de nuestras actividades, arrojamos en el mar.

A todo esto habría que añadir la reciente inicio en la explotación de las energías renovables de origen marino (ENERMAR).

Para esta actividad de investigación la Oceanografía cuenta con una plataforma móvil que permita la realización de los experimentos necesarios: el buque de investigación oceanográfica (BIO). La evolución en el papel que juegan estos buques de exploración como instrumentos científicos ha sido estudiada por Adler (2014). Que sostiene la tesis de la pasada evolución del BIO, como buque instrumento a una nueva situación de buque laboratorio, hasta convertirse en el tiempo presente en un técnico invisible, "*que tiene como misión desplegar equipos de teledetección, reuniendo datos que no serán analizados a bordo*".

Muy a groso modo, se puede observar que los buques oceanográficos (BIO) se dividen en tres grandes grupos: ***los buques de investigación oceanográfica, los buques de pesca de investigación biológica y los buques de sondeos sísmicos***. Sin embargo, ni el primer tipo de

buque carece de capacidad de investigación biológica o sondeos sísmicos y batimétricos, ni los dos otros grupos carecen de capacidades de investigación oceanográfica general, sencillamente se especializan temporalmente en esos campos según las necesidades de los países y/o universidades que los contratan (Miranda, 2015).

Otras características de la actividad que determinarán el BIO serán las relativas al tipo de equipamiento, la disposición y la autonomía requerida. Basándose en estos aspectos Oliveira et al (2014) establece la clasificación contenida en la tabla 1.

Tabla 1 – Clasificación de los BIO atendiendo al ámbito de sus posibilidades de operación. Fuente: Oliveira et al, 2014).

Ámbito de Operación	***Global***	***Oceanica***	***Regional***
Autonomía (días)	50	40	30
Alcance (km)	2500	2000	1500
Eslora (m)	70 - 90	55 - 70	40 - 55
Tripulación (per.)	+ 30	+ 25	+ 20

Como parte de los equipos auxiliares de la investigación de los BIO, los chigres científicos, fijos al buque o portátiles, permiten remolcar mediante cables los instrumentos de investigación. En estas circunstancias el buque y sus chigres científicos constituyen elementos de trascendental importancia.

Los chigres empleados para la realización de experimentos científicos a bordo, consisten en maquinillas de accionamiento eléctrico o hidráulico, dotados de carreteles para el manejo líneas de remolque, redes o cables umbilicales de sensores de medición. Como características comunes a todos ellos, tendremos: el manejo de elevadas longitudes de cable con una precisión importante a la hora de controlar las velocidades de largado y cobrado, así como una cuidadosa estiba y manejo debido a la particularidad de manejar cables coaxiales que transmiten datos.

En cuanto a su disposición a bordo, es muy común que todos estos equipos se encuentren en un local de chigres, en el que se pueden encontrar motores que accionan grupos de dos

carreteles a cada lado, siendo poco común los equipos individuales (fig.1) (García del Valle, 2007).

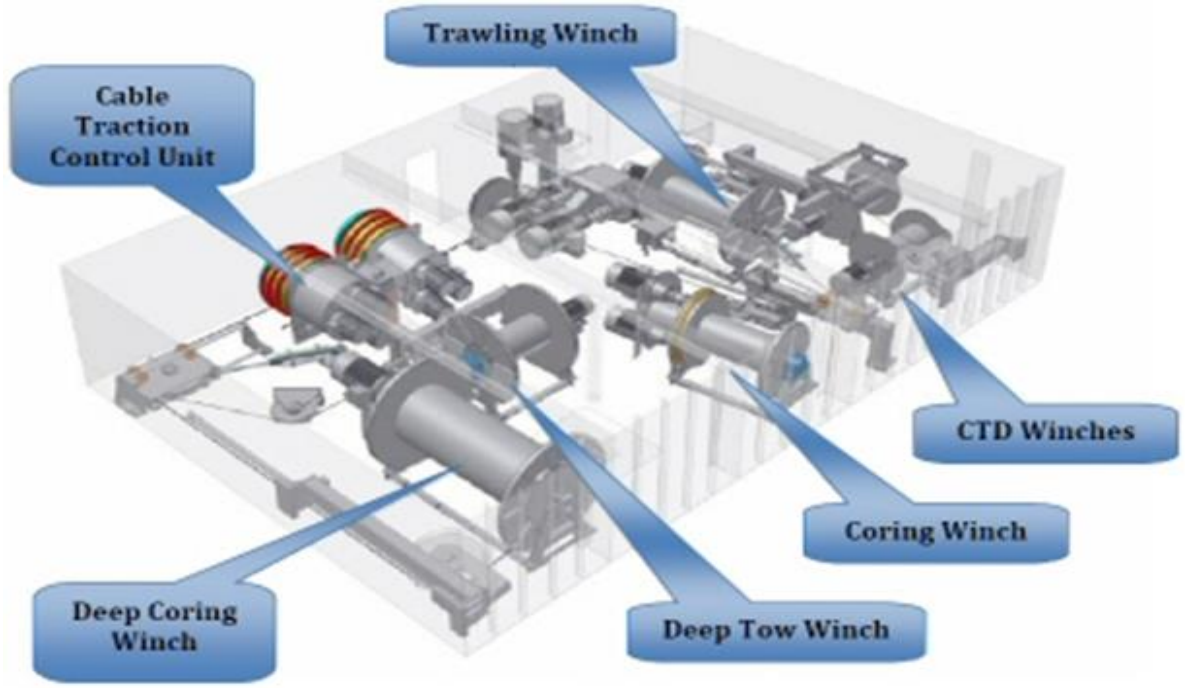

Fig.1 -Local de chigres científicos del buque, mostrando los equipos necesarios para la realización de experimentos. Fuente: web NOC. AC.UK

2. BUQUES DE INVESTIGACION Y EXPERIMENTOS A REALIZAR.

Las técnicas utilizadas para la investigación, excepción hecha de las que se apoyan en el uso de satélites, requieren de algún tipo de apoyo por parte del BIO. Por ello la flota de investigación constituye el principal activo para la consecución de los objetivos científicos y las tareas asociadas a la comprensión de los procesos en alta mar. Esta circunstancia unido al elevado coste de construcción y de funcionamiento de estas unidades, hace que en su proyecto y explotación se persigan objetivos de optimización y operatividad (Oliveira et al, 2014), que finalmente nos conduce al diseño de buques polivalentes con un marcado carácter multi-propósito (Miranda P., 2015); (Costal M., 2015).

Cubriendo esta filosofía multifunción, los buques deberán contar con instalaciones básicas para el desarrollo de las disciplinas marinas que incluye la actividad de la Oceanografía (Oliveira et al, 2014):

Geología y Geofísica Marina: estudio del lecho marino y estructura del fondo mediante la recogida y análisis de muestras y por sus propiedades gravitatorias, térmicas, magnéticas y acústicas, así como mediante técnicas sísmicas.

Oceanografía Física: estudio de los movimientos de las masas de agua, (olas, mareas y corrientes). Medida de las propiedades térmicas, acústicas, ópticas y radioactivas del agua de mar. Descripción de las propiedades básicas del océano, tales como condiciones de límites costeros, profundidad del agua, perfil del lecho marino y estudio de la variación de las propiedades del agua de mar entre océanos.

Oceanografía Química: análisis químico del agua de mar y de las partículas de materia en suspensión incluyendo contaminantes.

Biología Marina: recogida y análisis de fitoplactón y zooplancton, peces, etc.; muestreos bentónicos y pelágicos. Estudio integrado de ecosistemas. Investigación pesquera.

A estas actividades, la referencia (Garcia del Valle, 2007) añade la Meteorología: observación del tiempo atmosférico, monitorización de las radicaciones y mediciones del aire en zonas del océano, y el Salvamento y Trabajos Marítimos en general: servicios de salvamento de buques. Rescate de náufragos. Rescate de material procedente de naufragios. Operaciones marítimas en pecios. Con estas incorporaciones finales el BIO reafirma su carácter multipropósito.

2.1 ESCENARIOS Y MISIONES CIENTÍFICAS.

Este carácter multidisciplinar determina que la realización de los trabajos de investigación en las misiones científicas, precisen de la organización de los equipos y servicios del buque atendiendo a diferentes escenarios que cubran el desarrollo de las investigaciones (García del Valle, 2007):

- Escenario de Pesca, cubriendo la biología marina
- Escenario Oceanográfico, en aspectos de oceanografía física y química.
- Escenario Sísmico, en geología y geofísica.
- Escenario ROV
- Escenario Acústico
- Escenario de Salvamento y Trabajos en general

En lo relativo a las posibilidades de su operación y las características de sus instalaciones, Oliveira et al (2014); Rosenblatt (1960); ECORYS (2014) determinan una serie de requisitos como comunes al diseño de los BIO, y que deben permitir el empleo de aparatos y procedimientos de investigación actuales:

- Aceleraciones verticales menores que los limites operativos que indiquen los instrumentos científicos;
    - Espacio en cubierta necesario con zonas protegidas de amplitud suficiente;
    - Espacio para laboratorios de usos múltiples, cuidando los accesos;
    - Autonomía suficiente;
    - Francobordo adecuado para permitir el trabajo en cubierta;
    - Maniobrabilidad;
    - Comportamiento en la mar;
    - Amplio rango de operación a través de todas las zonas climáticas;
    - Cabinas en número adecuado y confort para la tripulación técnica y científica;
    - Amplia gama de operatividad mediante chigres y grúas;
    - Cartografía del fondo marino excelente y sensores ambientales capacidades;
    - Sistemas de distribución avanzada de datos, almacenamiento y comunicaciones;
    - Sistemas de navegación y posicionamiento dinámico.

Resulta reseñable que se incluya entre los requisitos de la operación de estos buques, la operatividad de chigres y grúas, esta circunstancia determina su importancia y justifica el interés del objetivo de este trabajo. Por último indicar que el BIO en su actividad, deberá ser capaz de operar durante un máximo de 200 días al año, al restar tiempos muertos debidos a tránsitos, mantenimiento y la estancia en puerto.

En cuanto a la disponibilidad, tamaño y carácter de las instalaciones de los BIO, se han indicado tres categorías en función del alcance y rango de sus operaciones (tabla 1). Ciñendo nuestro estudio a Europa, se puede decir que en este continente se cuenta con alrededor de 260 buques de investigación, divididos en categorías de acuerdo con la figura 2. Indicar que la mayoría de ellos resultan de propiedad / operados por las instituciones públicas de investigación, repartiéndose de acuerdo a nacionalidades, tal y como la figura 3 muestra. Países como el Reino Unido (45 buques), Rusia (32), Francia (20), Alemania (29), España (19 buques) e Italia (20) tienen la flota con el tamaño más significativo, de modo que se podrá

indicar que las flotas de investigación son operadas y planificadas a nivel nacional (ECORYS, 2014).

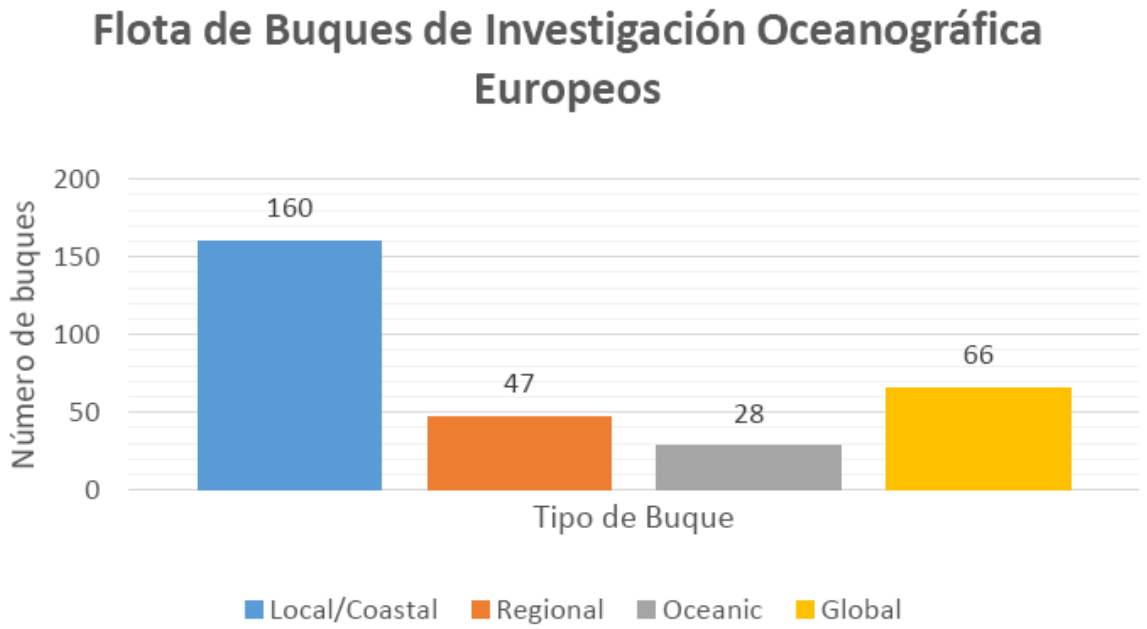

Fig. 2 -Flota de buques de investigación europeos – distribución por rangos de operación. La categoría "regional" englobará también el ámbito "local". Fuente: European research vessels infobase

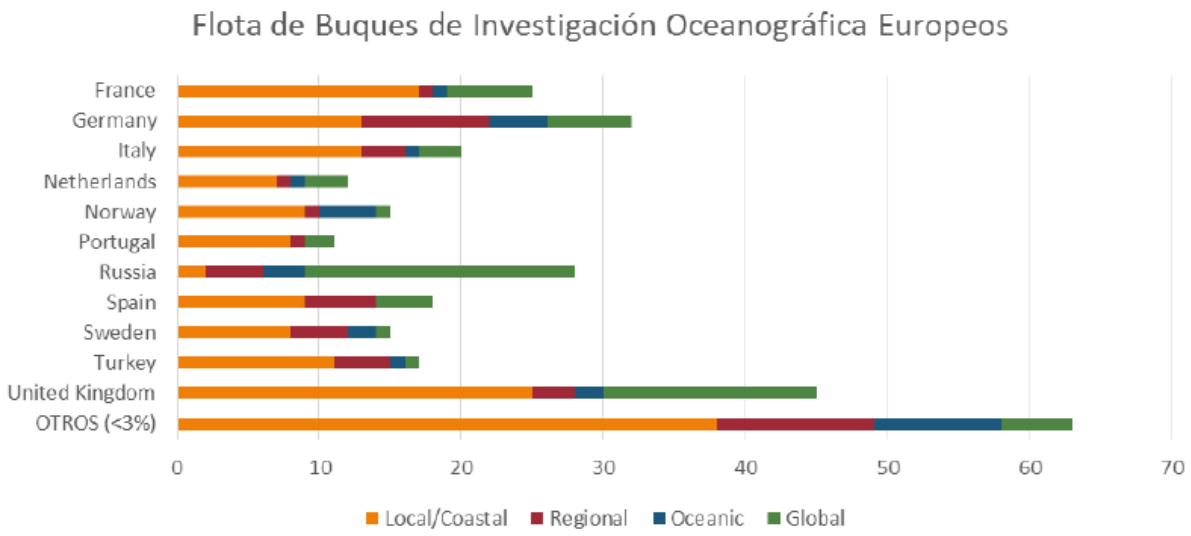

Fig. 3 – Número de BIO por países y clases en Europa. Fuente: European research vessels infobase.

2.2 CARACTERÍSTICAS INNOVADORAS NECESARIAS PARA EL DESARROLLO DE LAS MISIONES.

La tabla 2 muestra las características principales de los BIO recientemente construidos en España con un cálculo de las medias correspondientes a sus parámetros de diseño. Se aprecia un fuerte impulso a los estudios oceanográficos en este país, como consecuencia del hecho de construir 5 barcos en un periodo de 6 años, presentando 4 de ellos un carácter oceánico o global. En relación con sus dimensiones se aprecia una concentración en valores de 47 y 70 m. de eslora, lo que significa valores intermedios dentro de las categorías señaladas por Oliveira et al, (2013), y valores elevados en cuanto al personal científico embarcado. Señalar de igual modo la importante coincidencia entre las dimensiones principales de las unidades referenciadas.

Tabla 2- Características principales de los buques oceanográficos construidos en España en los últimos años. Fuente: elaboración propia.

AÑO	*BUQUE*	*LOA*	*LPP*	*B*	*T*	*D*	*V*	*GT*	*TRIPULACIÓN*	*AUTONOMÍA (Días)*
-	**Carácter regional**									
2006	**EMMA BARDÁN**	29	25,5	7,5	2,6	3,7	12	200	11	16
	Valor medio regional									
-	**Carácter oceánico**									
2012	**ÁNGELES ALVARIÑO**	46,7	43,84	10,5	4,73	7,2	11	951	27	20
2011	**RAMON MARGALEF**	47,3	43,72	10,5	4,6	4,6	12	988	23	10
	Valor medio oceánico	*47*	*43.8*	*10.5*	*4.7*		*11.5*	*-*	*25*	*15*
-	**Carácter global**									
2007	**MIGUEL OLIVER**	70	63	14,4	4,8	8,5	14	2480	-	-
2006	**SARMIENTO DE GAMBOA**	70,5	62	15,5	4,9	7,9	14	-	42	40
	Valor medio global	*70.25*	*62.5*	*15*	*4.85*	*8.2*	*14*	*-*	*-*	*-*

A estas dimensiones principales habrá que añadir características operacionales. De acuerdo con el documento (Garcia del Valle, 2007) se presentan como características innovadoras en el proyecto de estos buques, los aspectos siguientes:

-***Relacionadas con las características técnicas-constructivas del buque*** (control de vibraciones).

Relacionadas con los medios e instrumental para investigación (muestreo en condiciones limpias).

-***Máxima automatización, flexibilidad y capacidad de manejo de cargas con precio de explotación reducido***

-***Entorno de trabajo y habitabilidad ergonómico.***

Dentro de la tercera categoría se incluirá la innovación en la operatividad de chigres y grúas, circunstancia que, de nuevo, determina la importancia de este aspecto en la explotación de los BIO y justifica el interés del objetivo de este trabajo

3. CHIGRES OCEANOGRÁFICOS: FUNCIONES Y COMPONENTES.

Los BIO, en sus diversas configuraciones o escenarios, cuentan con chigres dotados de carreteles con capacidad para manejar la totalidad del cable necesario para la realización de los experimentos. En estos equipos el carretel es accionado mediante un motor eléctrico o hidráulico, cuyas revoluciones y par se adaptan a las requeridas velocidades de izada y tracción mediante la interposición de un reductor de varias etapas. El equipo se completa mediante la acción de un freno de cinta. La operación se realiza manteniendo el chigre frenado (mediante la característica de tracción al freno) y remolcando los dispositivos el buque, de ahí la necesidad de la acción del freno para poder realizar el experimento. En el momento presente con la utilización de reductores epicicloidales cuya capacidad resistente en parado es elevada, la tendencia será la de disponer de frenos estáticos de discos múltiples entre el motor y el reductor (Carral et al., 2013a)

3.1 SINGULARIDADES EN SU DISEÑO.

Los chigres están diseñados adaptados, en igual medida, al tipo de línea (cabo o cable) que esté manejando y al dispositivo que ha de traccionar o arrastrar en su extremo (Carral, 2005).

Sin embargo en el caso de los equipos de investigación, en ocasiones se manejan cables coaxiales conteniendo conductores que transmiten la información de los sensores de investigación al buque. Cables compuestos de un núcleo central de conductores aislados dentro de un relleno de material plástico y un recubrimiento exterior de cables de alambre El cable no admite empalmes, debiendo ser en toda su longitud de una pieza. Esto unido a su elevado precio, obliga a que su manejo y estiba deba ser especialmente cuidadoso (NSF, 2001). Las singularidades en su diseño vendrán dados por alcanzar los siguientes aspectos:

- Manejo de líneas de materiales muy diversos: cabo sintético o metálico, para el remolque de equipos o bien cables coaxiales que además del arrastre transmiten datos.

- Posibilidad de contener una elevada cantidad de cable (trabajo en aguas ultra profundas) realizando una eficaz estiba del cable en el carretel. Esta necesidad de estiba eficaz estará motivada por tres circunstancias de importancia; ser capaz de almacenar la totalidad del cable, evitar los daños al cable durante el funcionamiento y finalmente conseguir la adecuada uniformidad en la velocidad de operación actuando sobre las revoluciones del carretel.

- Desarrollar, con gran exactitud y uniformidad, velocidades variables en el carretel.

- Necesidad de contar con el control e indicación de la tracción ejercida por el carretel sobre el cable durante la operación.

- Disponer de un sistema que transmita los datos del cable a un sistema de recepción (ordenador, memoria, etc,)

- Disponer de un sistema que limite la tracción en el cable evitando su rotura.

- Ligereza de los materiales a emplear en su construcción, en el caso de chigres portátiles, y en todos los casos inalterabilidad de estos ante el ambiente marino (acero inox. y aluminio)

- Necesidad de contar con un funcionamiento silencioso y en ausencia de vibraciones (necesario control sobre el ruido irradiado).

- En algunos chigres multipropósito el carretel se debe poder desmontar del chigre con todo su cable, permitiendo que se puedan utilizar varios carreteles con diferentes tipos de cable.

3.2 TIPOS DE CHIGRES OCEANOGRAFICOS.

Los chigres se podrán clasificar atendiendo a su función (tipo de experimento a realizar que condicionará sus parámetros de funcionamiento) (tabla 3) o bien considerando el principio de funcionamiento (modo en que se produce la tracción del cable). Contemplando este segundo aspecto, básicamente podrán ser de dos tipos; tracción directa y de fricción. La tracción directa significa que el carretel almacena y tracciona el cable, siendo su uso frecuente en los casos en los que las tracciones a ejercer no resulten extremas. La tracción mediante fricción, significa dotar al equipo de unas poleas adicionales que resultan tractores del cable arrollado en ellos. Con este sistema el carretel principal únicamente adopta funciones de almacenamiento. El uso de este último sistema conduce al aumento en la duración del cable. (Capitulo 11- NSF, 2001) (Fig. 15).

Tabla 3 – Relación entre experimentos y tipo de chigre empleado con indicación de sus características principales de tracción y capacidad. Fuente: elaboración propia.

Tipo de experimento	**Denominación del chigre**	**Rango Tracción (KN)**	**Capacidad carretel(m)**
Manejo de la roseta CTD	Chigre de maniobra CTD	28 - 60	7000-8000
Extracción de muestras de plancton	Chigre de extracción de muestras de plancton	30 - 200	1000-8000
Extracción de muestras del fondo	Chigre para manejo del CORER	30 - 200	1000-8000
Muestreo de pesca	Chigres de pesca Tambor de red Chigre de lanteón (volteo del copo) Chigre malletero Chigre sonda de red	50 -300	2500-8300
Manejo del ROV	Chigre para manejo del ROV	-	-
SISMICO	-	-	-

3.3 EVOLUCION.

Se han descrito los experimentos en los que participan los chigres oceanográficos, sin embargo con el tiempo se han modificado los protocolos de investigación a seguir para realizar estos experimentos, afectando con ello a los equipos en estudio (Pepin and Shears, 1997; Weinberg et al, 2002: Baumgartner, 2003: Studervant et al, 2011). La referencia Studervant et al (2011) cita distintos campos de variación, tales como: avances en el diseño de las redes de muestreo (Silver, 1983; Chou et al, 1993), en los instrumentos de muestreo oceanográfico (Rudnick and Klinke, 2007), vehículos operados remotamente y equipos acústicos. Estos cambios han significado el desarrollo e incremento de los dispositivos de tipo electrónico de control en los chigres (sensores) que han debido integrarse con los dispositivos eléctricos, hidráulicos y mecánicos (Dempke and Griffin, 1997; Gardon et al., 1998; Hooker and Maritorena, 2000).

Studervant et al (2011) citan de igual modo las efectos que sobre los chigres presenta el desarrollo de la investigación oceánica en mares australes y aguas ultra-profundas, lo que significa una exigencia extra a los chigres en aspectos de potencia y prestaciones (Griffin and Nishimura, 2007; Griffin, 2009)

3.4 ACCIONAMIENTO.

Las características del accionamiento resultará trascendental en su funcionamiento, ya que determina las propiedades de velocidad y par entregado por el equipo al cable. Por este motivo se hace necesario instalar motores con amplias posibilidades de control del tipo eléctrico (AC, DC) o hidráulico (Carral et al, 2015c)

3.4.1 Características del accionamiento eléctrico.

En el accionamiento eléctrico el equipo de control envía periódicamente información al convertidor de frecuencia vectorial, para que este inyecte la corriente a la frecuencia requerida. Con ello se obtiene el par y la velocidad deseada en el motor eléctrico, presentando características de control tales como:

- *Control completo de la tracción del cable a bajas velocidades de izada del chigre*. Los controles permiten velocidad variable sin escalonamientos del 2%, al 200% o más de las rpm del motor (trabajan desde 0 hasta 120 Hz o más) (Pearlman et al, 2015). La

única limitación inferior, será la de la corriente máxima que puede soportar el motor y que limitará su par. Como limitación superior de la velocidad máxima de giro que el rotor es capaz de soportar (fuerza centrífuga), tendremos el grado de equlibrado.

- *Lances automatizados, en los que la tensión y la velocidad se establecen mediante perfiles pre-programados* con controles basados en microprocesadores con entradas RS232 (Pearlman et al, 2015).

3.4.2 Hidráulica.

Se utiliza cuando se presentan algunas, o varias, de las circunstancias siguientes: espacio disponible reducido, no se exija un control fino de la velocidad, las condiciones climáticas a que va a estar sometido el chigre sean muy adversas o bien el ruido emitido no sea un factor determinante. La práctica conduce a la utilización de motores y bombas con control electrónico de la cilindrada y eventualmente del par.

3.5 FRENOS.

En el desarrollo de los experimentos la operación de remolque de los dispositivos se realiza actuando el cable con el carretel frenado, por ello un sistema de frenado estático fiable es indispensable para la operación correcta y segura del chigre. Recientes avances en el control y accionamiento de los chigres han conducido a que, en determinadas maniobras, la operación del chigre se realice manteniendo una tracción constante (Carral et al, 2013a), esto significa su actuación como un freno en régimen dinámico.

El control sobre la maniobra se realiza mediante la actuación sobre la tracción del equipo, de modo que si el valor de la tracción disminuye el chigre actúa cobrando cable hasta alcanzar el valor de consigna de la tensión, resultando la acción contraria en caso de incremento en la tensión. El operador tiene en todo momento una indicación visual del valor de la tensión de la línea. Cuando por causa del oleaje y/o bandazos, el movimiento del buque haga que el cable pueda quedar flojo o en banda, automáticamente el tambor cobrará el cabo para evitar que la estrepada lo rompa (Berteaux et al., 1985). Como sea que la longitud es inferior a la fijada; posteriormente y con el cabo templado el sistema corregirá la longitud largando el cabo que haya podido cobrar con anterioridad.

Fig. 10 - Chigre oceanográfico para el manejo de la roseta CTD con accionamiento eléctrico y reductor. Fuente: Carral Desing

-F*reno dinámico*, presentando un control constante de la tracción prefijada en base a largar o cobrar cable. Al existir un control sobre la tracción, una vez que el buque se encuentra en la posición adecuada, al actuar el modo tensión constante se mantendrá una tensión establecida por el usuario, que se debe ajustar previamente en el panel de control. De este modo se puede mantener la tracción sobre el cable de remolque en un valor deseado (Carral et al., 2015a).

-*Freno negativo*, permite en caso de interrupción en el suministro de energía al accionamiento que se produzca el frenado automático del quipo

3.6 ESTIBADOR.

Se hace necesario disponer de medios de asistencia para estibar el cable de manera uniforme en toda la longitud del carretel. El interés crece cuando la distancia entre el tambor del chigre y la pasteca de largado situada en la borda sea relativamente corto o el tambor del chigre sea muy ancho. O bien en aplicaciones que requieren alta velocidad de recuperación manejando grandes longitudes de cable.

La aplicación de un sistema de husillo estibador en punta de diamante (fig. 11), permite suavidad e uniformidad en la estiba con independencia del diámetro del cable, la velocidad de recuperación, la tensión de la línea y la distancia de la polea de la borda (limitado a ángulos de cable inferiores a 5º con respecto a la perpendicular al eje de carretel). Mediante este sistema de estibado el chigre almacena cable o estacha ordenadamente en el carretel. Cada carretel dispondrá de su propio carro estibador, ambos carros comparten un eje motriz el cual los desplazará a una banda y otra a través de un moto-reductor eléctrico. El conexionado / desconexionado mecánico de cada estibador será manual y a través de una concha guía que permitirá que el carro se mueva acorde con el eje, o que se quede estático aun cuando el eje gire (en oceanográficos el carro estibador no se suele desconectar del husillo). Sin embargo deberán existir disposiciones diferencias para aplicaciones especiales.

Un sistema de *doble estibación* se hace necesario cuando el diámetro del cable no es constante o puede cambiar con frecuencia. El control del avance se hace de modo electrónico a través de dos encoders, uno que mide la velocidad del carretel y otro que lo hace con la del husillo estibador. Las señales de los encoders se envían a un autómata o sistema de control que las procesa y a su vez envía una señal al convertidor de frecuencia para que este varíe la velocidad del motor eléctrico adecuándola al diámetro del cable y la velocidad del carretel.

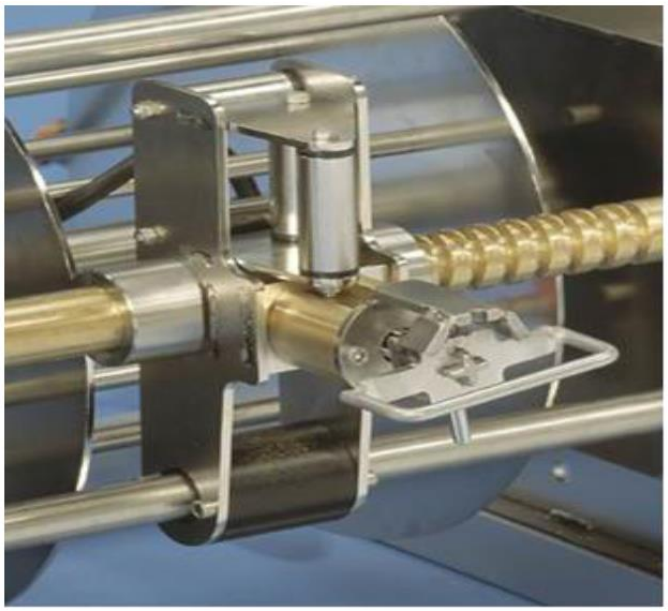

Fig 11- Estibador de husillo. Fuente: Carral Desing

S*istema electrónico de control de estibado*. Los parámetros que definen al estibador, son el avance del husillo y la longitud recorrida. Esta longitud ha de tener un valor acorde a la longitud del carretel. Por cada rpm que el carretel gire, el estibador en concordancia avanzará una vez su paso. (fig. 12). Esto significa que la relación entre las velocidades angulares de los ejes de carretel y de estibador debe mantenerse constante. Si acelera el carretel deberá acelerar el estibador en igual medida. A diferencia de lo que pudiera parecer, como el desarrollo del cable en el carretel depende de la capa en la que se arrolla, la relación entre la velocidad lineal del cable y el avance del estibador no es constante. El eje del estibador dispondrá de un encoder (fig. 12) de generación de pulsos para indicar al sistema donde se encuentra y a qué velocidad está trabajando. El sistema utilizará ese encoder para sincronizar velocidad angular del carretel (rpm) y la velocidad lineal del estibador (y en consecuencia su avance por vuelta).

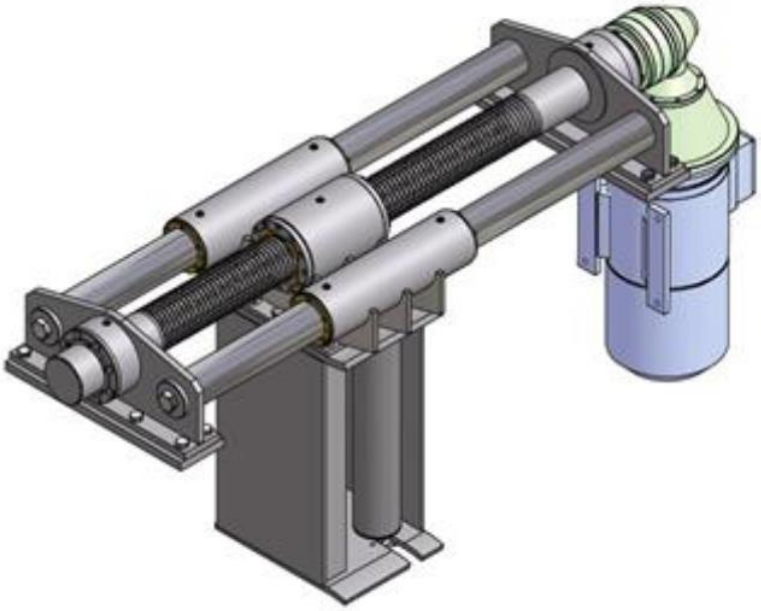

Fig. 12 – Sistema de estibación mediante control electrónico. Fuente: (Scantrol, 2015)

El control permite una precisa estibación incluso cuando varía el diámetro del cable. El mecanismo de estibado es controlado por un autómata programable, lo que permite conseguir los mejores resultados, ahorrar tiempo durante el estibado y hasta aumentar la vida útil de los cables.

El sistema está formado por una unidad de control (fig, 13), una botonera para control manual, y un panel de alarma (opcional) para instalar en el puente. El sistema se conecta a los sensores de rotación del tambor del chigre, a los sensores del husillo de e estibación, y al

variador de frecuencia del motor eléctrico o a las válvulas solenoides de presión (en el caso de un sistema hidráulico) que mueve el husillo. Las señales de los sensores de rotación del tambor son usadas para calcular la posición deseable para el dispositivo de estibado. Las señales del husillo se usan para calcular la posición actual del dispositivo de estibado. Con esta información se genera la señal de control que se envía al motor del estibado para obtener la posición correcta. Si se controlan varios chigres se instala un selector en la cabina que permite elegir con cual se opera.

Los encoders para la medida de la rotación del husillo son montados junto con la transmisión, o alternativamente en el lado opuesto (final) del husillo. Los sensores para contar las vueltas del tambor y husillo, son los usados habitualmente para saber la longitud de cable utilizada.

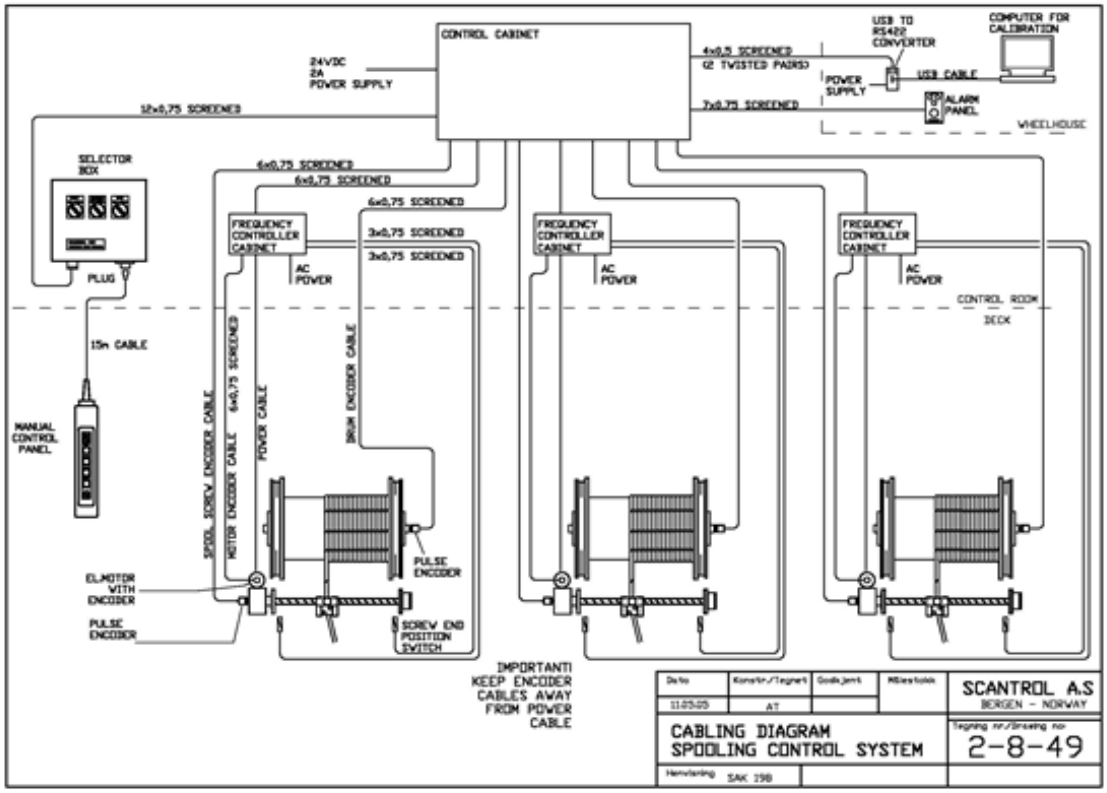

Fig. 13 – Diagrama de control de estibado. Fuente: (Scantrol, 2015)

3.7 SUPERVISIÓN Y CONTROL.

-*Sistema de control de la tracción del cable, longitud largada, velocidad del tambor*, se establece un control de la maniobra a través de mantener dentro de unos márgenes ajustables los valores de la tensión del cable y la longitud total largada. Una vez que el operador ha fijado en el sistema valores para la tracción y longitud de cable deseado, el chigre actuará largando cabo mientras la tensión supere la prefijada. En el momento en el que la tensión quede por debajo del valor de consigna, cobrará línea hasta alcanzar la longitud inicial fijada por el operador.

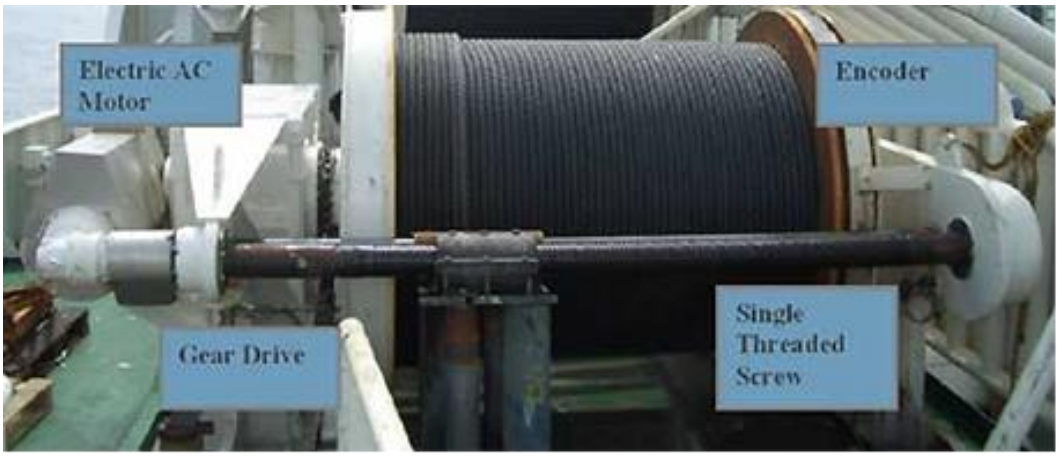

Fig. 14 – Chigre dotado de un sistema de control electrónico del estibado. Fuente: (Scantrol, 2015)

3.8 CHIGRES DE FRICCION.

Frente al sistema habitual de tracción directa, en el que el cable trabaja sobre un conjunto de múltiples envolturas de capa, en los chigres de fricción las poleas de tracción absorben las cargas de la línea, al permitir que el cable trabaje sobre sí mismo en una ranura formada en ellas. De ahí su ventaja, ya que el cable trabaja en unas condiciones mejores que las que corresponden a la tracción directa en la que la capa superior presiona a las inferiores. Uno de los beneficios de un sistema de chigre de tracción es que la velocidad del cable, tracción y el rendimiento del equipo es el mismo, independientemente de la cantidad de cable largado Los diseños de sistemas de chigres de tracción incluye una doble polea de tracción, el chigre de almacenamiento, la polea de reenvío en ángulo recto y la unidad de potencia.

El dispositivo de accionamiento de fricción, al mantener un arco suficiente de contacto bajo un coeficiente de fricción y una tensión adecuada en el extremo interior de la línea, el movimiento del cable se ve afectado por el efecto de las poleas de fricción. El diámetro de las poleas se determina mediante el radio mínimo de curvatura del cable (NSF, 2001), teniendo en cuenta que aumenta a medida que las cargas resultantes se acercan al 100% de la resistencia a la rotura del cable.

La relación entre las tensiones de entrada y salida vendrá dada por utilizar la fórmula propuesta por (NSF, 2001 capítulo 11; Carral et al, 2013b):

$$T_1 = T_2 . e^{\mu . \beta} \qquad (1)$$

B = ángulo formado por el arco de contacto del cable con la polea (radianes)

μ = coeficiente de fricción

e = 2,718

T_1 = tracción en la salida

T_2 = tracción en la entrada al carretel

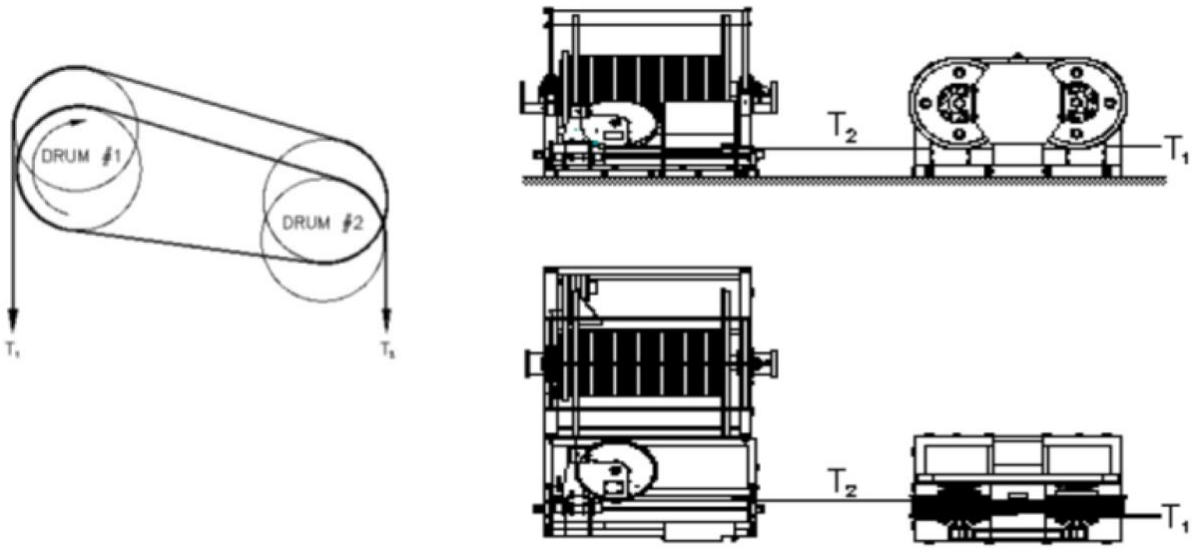

Fig. 15 – Dispositivo de accionamiento mediante fricción mostrando las poleas. Fuente: (NSF, 2001)

Se tendrá en cuenta que si T_2 se anula, T_1 también lo hace. Otra consideración importante es que además del coeficiente de fricción, la tracción depende del arco de contacto, resultando

independiente del diámetro de la polea y no produciendo ningún efecto la longitud de contacto entre la línea y la polea.

El cálculo del número de poleas que se deben disponer en el dispositivo de tracción vendrá dada por la expresión anterior, con la consideración del ángulo abrazado como incógnita, además se deberá tener en cuenta el valor del coeficiente de fricción (cable engrasado de acero sobre acero, la referencia (Oberg et al, 1992) indica un coeficiente de fricción para este caso de 0,16, mientras que (Carral et al, 2013b) propone un coeficiente 0.1 para el caso de cabo.

Ahora para determinar el número de ranuras en las poleas, utilizamos la siguiente ecuación:

$$\theta = \frac{ln\left({T_1}/{T_2}\right)}{\mu} \quad (2)$$

ln = logaritmo natural

T_1= tracción en la salida

T_2 = tracción en la entrada del carretel

μ = coeficiente de fricción, en este caso 0,10

θ = radianes polea de contacto

Por otra parte el cable se almacena en múltiples capas en un chigre de almacenamiento, cuya tracción será aproximadamente un 10 a 15% de la tracción de las poleas. La estiba se produce de modo uniforme en múltiples capas, siendo por ello este sistema utilizado en el manejo de grandes longitudes de cable (fig. 15).

3.9 CARRETELES.

3.9.1 Consideraciones previas.

El INSHT (2000) determina el arrollamiento de cable en tambores y poleas considerando la fatiga por flexión del cable en relación con el diámetro de su arrollamiento. Para evitar que estos valores sean excesivos es conveniente tener en cuenta dos mínimos:

a. Relación entre el diámetro de la polea o tambor y el del cable (*D/d).*

b. Relación entre el diámetro de la polea o tambor y el del mayor alambre (*D/δ).*

En la ref. (INSHT, 2000) se indica el interés en que el diámetro de los tambores de izar no sea inferior a 30 veces el del cable, siempre que sea también 300 veces el diámetro del alambre mayor. Para las poleas, los fabricantes recomiendan que en la relación entre su diámetro y el del cable se cumpla D/d. ≥22, donde el diámetro de la polea se considera medido desde el fondo de la garganta.

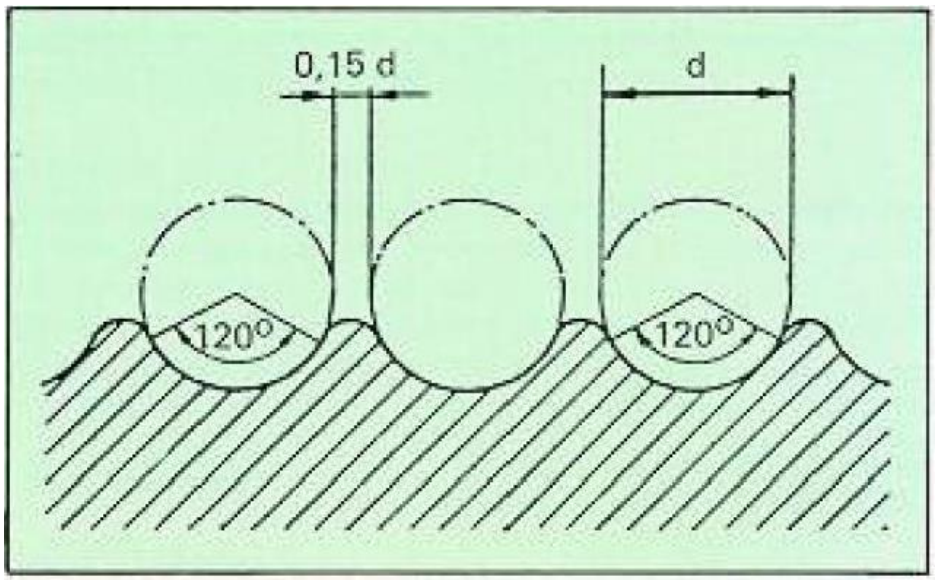

Fig. 16 - Fuente (INSHT, 2000) – NTP 155

Es conveniente que los tambores sean de tipo acanalado y tengan la disposición que se refleja en la figura y el ángulo α de desviación lateral que se produce entre el tambor y el cable debe ser inferior a 1,5º.

3.9.2 Proceso de cálculo.

El proceso de diseño del carretel, determinará el cálculo de los parámetros siguientes:

***Diámetro mínimo del tubo* (mm)**. Que se obtiene a partir del diámetro del cable como resultado de la expresión:

$$d_{min} = r.d_{cable} \qquad (3)$$

d_{cable} = diámetro del cable

r = relación diámetro del carretel / diámetro cable (*D/d)*

Para que el cable metálico o línea de cabo no sufra al arrollarse en el carretel, la relación entre el diámetro de ellos (cable/línea) y el diámetro del tubo debe ser mayor de 10 para la línea, y de 20 para el cable. En el caso concreto de los cables se obtienen valores más precisos en función de su composición, esto de acuerdo con la tabla 4.

Tabla 4 – Relaciones D/d para diversos trenzados de cable. Fuente: elaboración propia

Aplicación	**Composición del cable**	**Relación D/d**	**Relación D/δ**
Pesca	6 x 12 + 1 Normal	29	345
Amarre y pesca	6 x 19 + 1 Normal	25	378
Amarre	6 x 19 + 1 Seale	27	330
Amarre	6 x 25 + 1 Relleno	21	345
Remolque	6 x 37 + 1 Normal	17	360

Diámetro máximo de la lateral del carretel (mm), se obtendrá **a** partir del diámetro del tubo y de la bandera del carretel como aplicación de la expresión;

$$D_{max} = B.d_{\min} \qquad (4)$$

d_{min} = diámetro del tubo (m

B = bandera del carretel (D_{max}/d_{min})

Siendo la bandera del carretel (D_{max}/d_{min}), la relación entre el diámetro de la lateral de carretel y el diámetro del tubo. Para un mismo número de revoluciones del carretel, esta relación define la variación de la velocidad lineal del cable al cambiar la capa de trabajo. Por todo ello el valor de la relación depende del tipo de aplicación del chigre, así los chigres oceanográficos y de elevación, se consideran de importancia alta (tabla 5).

Tabla 5 – Relaciones entre D_{max}/d_{min} (bandera del carretel) para diversas aplicaciones. Fuente. Elaboración propia

Tipo de accionamiento	**Importancia de la velocidad**		
	Alta	Media	Baja
Velocidad constante	1,5	2	3
Velocidad variable	2	3	5

Anchura del carretel (mm). La obtenemos a partir de la capacidad conocida del carretel. En su cálculo dejamos una holgura en el sentido del radio de una capa y media de cable, lo que es lo mismo, 1,3 veces el diámetro del cable.

$$L_{carretel} = 1520.\, d_{cable}^2 . C_{cable} \Big/ \left[(D_{\max} - 2.6.\, d_{cable})^2 - d_{min}^2 \right] . k_{ext} \qquad (5)$$

d_{cable} = diámetro del cable (mm)

C_{cable} = capacidad de cable (m)

Dmax = diámetro máximo del carretel (mm)

dmin = diámetro mínimo del carretel (mm)

k_{est} = coeficiente de estiba

Donde el Coeficiente de estiba k_{est-} será un valor por el que se multiplica la capacidad teórica del carretel para obtener su capacidad real. Presentará dependencia del empleo de estibador y del material de la línea a estibar (cable o línea de cabo). La tabla 6 nos indica los valores que toma.

Tabla 6 – Valores del coeficiente de estiba para diversas aplicaciones. Fuente. Elaboración propia

	Coeficiente de estiba	
	Cable	Estacha
Carretel con estibador	1,15	1,15
Carretel sin estibador	1	1,05

Número de filas de cable por capa: Será el número de hileras de cable que caben en cada capa del carretel, dejando una holgura mínima entre cada fila del 3% del diámetro del cable, siendo este dato de importancia para conseguir un buen estibado del cable. Se calcula como aplicación de la expresión;

$$Número_{\ filas\ n} = {L_{carretel} \cdot k_{est}}/{1.9.\, d_{cable}} \qquad (6)$$

Lcarretel = anchura del carretel (mm)

k_{est} = coeficiente de estiba

d_{cable} = diámetro del cable (mm)

***Número de capas*:** Es el número de capas de cable que caben en el carretel. Es importante que la holgura libre desde la última capa no sea excesiva. Para ello, descontando la holgura de una vez y medio el diámetro cable (Carral et al, 2015d) , el número de capas que entren en el carretel debe ser un valor entero.

$$Número_{\ capas\ m} = \left(D_{\max} - d_{min} - {44.6.\, d_{cable}}/{2.\, d_{cable} . \cos 30} \right) + 1 \qquad (7)$$

Dmax = diámetro máximo del carretel (mm)

dmin = diámetro mínimo del carretel (mm)

d_{cable} = diámetro del cable (mm)

Anchura recomendada del carretel (mm): Es la anchura del carretel para que en todas las capas contengan el mismo número de filas y así se consiga un estibado óptimo. Para ello la anchura interior del carretel debe ser múltiplo de (m + 0,5) veces del diámetro del cable, es decir; 12.5, 16.5, 20.5, etc.

$$L = [E(m) + 0.5].\ {1.19.d_{cable}}\Big/{k_{est}} \qquad (8)$$

E [m] = parte entera del nº de capas

d_{cable} = diámetro del cable (mm)

k_{est} = coeficiente de estiba

3.10. POTENCIA REQUERIDA POR EL CHIGRE.

Será la potencia media que debe entregar el motor de accionamiento del chigre. Depende de la velocidad media de izada, de la tracción correspondiente a esa velocidad y del tipo de accionamiento que se va a emplear. Se deberá determinar si el accionamiento es directo o mediante reductora, así como el rendimiento de la transmisión. Se utilizará la fórmula siguiente:

$$P\ (W) = \frac{T \cdot V_s}{\eta_t} \qquad (9)$$

Si la velocidad de izada no viene definida por la especificación de contrato, se pueden tomar los valores contenidos en la tabla 11. A falta de datos experimentales y para una primera aproximación puede tomarse como rendimiento de la transmisión el producto del rendimiento de la caja reductora por el rendimiento del carretel (Carral, 2005). El rendimiento de la caja reductora depende del número y tipo de engranajes que tenga cada etapa de reducción. Si el accionamiento es directo, evidentemente, el rendimiento será la unidad. Valores típicos de rendimientos se podrán encontrar en la ref. (Carral et al, 2015c).

4. CARACTERÍSTICAS DE LOS CHIGRES INSTALADOS EN BUQUES OCEANOGRÁFICOS.

La clasificación de los equipos, atendiendo a la función o experimento que realice el dispositivo que manejan, ha quedado indicada en la tabla 3. Ahora profundizaremos en las característicsa de cada uno de ellos.

Fig. 17 - Disposición de chigres oceanográficos. Fuente: (Ibercisa, 2015)

4.1 CHIGRES PARA EL MUESTREO DE LA PESCA - CHIGRE DE TRACCIÓN Y MANIOBRA PARA PESCA Y TAMBOR DE RED.

Los chigres destinados al muestreo de los caladeros de pesca, se corresponderán con los necesarios para la maniobra del aparejo de pesca; tracción de los cables de arrastre, de las malletas, de los cables de izado del copo, el manejo de la propia red y su contención a bordo (tambor de red) (Carral et al, 2015b). La disposición en cubierta de estos equipos adopta diversas disposiciones (Fig. 18). La primera posibilidad contempla la colocación de dos chigres independientes, una a cada costado, así como el tambor de red en una cubierta superior. En el segundo caso se monta un chigre único y centrado, que incorpora los carreteles de tiro a ambos lados y deja espacio en el centro para el tambor de red. (Carral, 2005). Respecto al cable de arrastre y las malletas, podrán estibarse de forma conjunta en

carreteles comunes o bien mediante estiba individualizada en carreteles separados (Nuñez and Santos, 1994. P. 138). En relación con el chigre para el izado del copo es habitual disponerlo en una zona lateral de la cubierta (Carral et al., 2015b); (Carral, 2005).

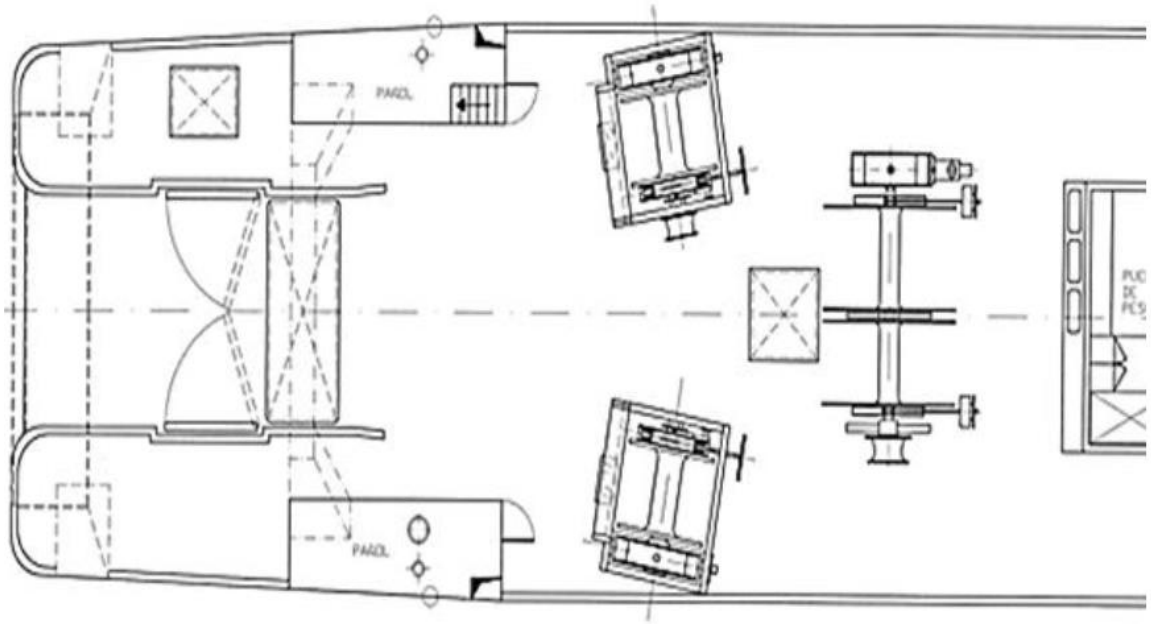

Fig. 18 - Disposición en cubierta de la maquinaria de pesca: Chigres de pesca independientes y chigre único. En ambos casos existe tambor de red. Fuente: (Carral and Carral, 1999b)

La composición característica para el manejo de redes de arrastre para investigación, puede consistir en el conjunto de equipos siguientes:

- Chigres de arrastre (2),

- Tambor de red (1),

- Chigres auxiliares de lanteón y malleta (2),

- Chigre de sonda de red con cable (1)

Las características han quedado recogidas en las tablas 7 y 11.

Tabla 7- Se corresponde con las características de los chigres de pesca embarcados en buques oceanográficos de reciente construcción. Fuente: elaboración propia

Buque	Tipo	Tipo de cable	Longitud (m)	Diámetro (mm)	Tiro (T)	Velocidad (m/s)
RRS Discovery	Chigre de pesca	Acero	8300	14,5	11,5	2
	Chigre de pesca	Acero	4350	16,5	16.5	2
	Chigre de pesca	Acero	2350	18	12,5	2
RRS James Cook	Chigre de pesca	Acero	8300	14,5	11,5	2
	Chigre de pesca	Acero	4350	16,5	16,5	2
	Chigre de pesca	Acero	2350	18	12,5	2
Sarmiento de Gamboa	Chigre de pesca	Acero	10000	14		1
Ángeles Alvariño	Chigre de pesca	Acero	3000	18	12	2
	Chigre de pesca	Acero	3000	18	12	2
	Chigre de Sonda de Red	Acero	2500	11	30	
	Tambor de red		2 x 3 m3			
Ramón Margalef	Chigre de pesca	Acero	3000	18	12	2
	Chigre de pesca	Acero	3000	18	12	2
	Chigre de Sonda de Red	Acero	2500	11	30	
	Tambor de red		2 x 3 m3			
Emma Bardán	Chigre de pesca		1500	14	5,4	2
	Chigre de pesca		1500	14	5,4	2
	Tambor de red		2 x 1 m3			
R V Belgica	Chigre de pesca	Acero	4000	14	6.4	1
	Chigre de pesca	Acero	4000	14	6.4	1
	Tambor de red		7 m3			
ORV Sagar Nidhi	Maquinilla oceanográfica	Acero	10000	18	25	
	Maquinilla oceanográfica	Acero	10000	18	25	
Maria S Merian	Chigre Fricción		-	18	15	2
	Chigre Fricción		-	18	15	2
	Chigre Almacén		7200	18	2	2
	Chigre Almacén		7200	18	2	2
Cefas Endeavour	Chigre de pesca	Acero	19500			
	Chigre de pesca	Acero	19500			
	Tambor de red		7.7 m3			
	Tambor de red		7.7 m3			
	Tambor de red		8 m4			
Celtic Explorer	Chigre de pesca	Acero	4500	26	34,5	
	Chigre de pesca	Acero	4500	26	34,5	
	Tambor de red		10 m3			
	Tambor de red		8,78 m3		17	
	Tambor de red		8,78 m4		18	
	Maquinilla de Sonda de Red	Acero (Armadura)	4600	11	6	

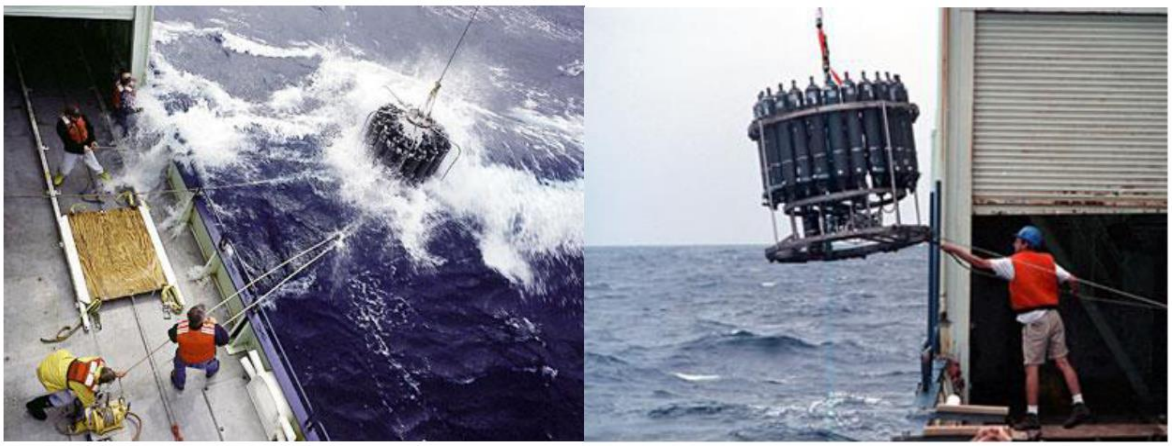

Fig. 19 – Maniobra para cobrar a bordo la roseta CTD mediante el correspondiente chigre

4.2 CHIGRE DE MANIOBRA DE LA ROSETA CTD.

En este experimento el chigre debe manejar un elemento denominado "roseta" (Fig. 19), para ello se utilizan disposiciones como las contenidas en la tabla 8:

Tabla 8- Características correspondientes a los chigres para maniobra de la roseta CTD en diversos buques de reciente construcción. Fuente: elaboración propia

Buque	*Tipo*	*Tipo de cable*	*Longitud (m)*	*Diámetro (mm)*	*Tiro (T)*	*Velocidad (m/s)*
RRS Discovery	CTD - 1	Acero (Armadura)	8000	11,43	5	2
	CTD - 2	Acero (Armadura)	8000	11,43	5	2
RRS James Cook	CTD - 1	Acero (Armadura)	8000	11,43	5	2
	CTD - 2	Acero (Armadura)	8000	11,43	5	2
Sarmiento de Gamboa	CTD	Coaxial	7000	10		2
Miguel Oliver	CTD	Acero	8000	8,15	4,7	5
Celtic Explorer	CTD	Acero	7000	8,3	6	
Cefas Endeavour	CTD	Acero	8000	9	2,8	2

4.3 CHIGRE DE MUESTRAS DE PLANCTON.

Los buques realizan las operaciones de extracción de muestras de plancton por medio de una red de plancton que se arrastra por un cable no conductor. Para ello suelen utilizar la maniobra formada por los siguientes equipos: un pórtico tipo A *frame*, situado en un costado y a popa del brazo de la roseta, un chigre para la extracción de muestras de plancton, todo ello dotado de un sistema local y remoto de control manual. Se recogen las características en las tablas 9 y 11

Tabla 9- Características correspondientes a los chigres para muestreo de plancton en diversos buques de reciente construcción. Fuente: elaboración propia

Buque	**Tipo**	**Tipo de cable**	**Longitud (m)**	**Diámetro (mm)**	**Tiro (T)**	**Velocidad (m/s)**
RRS Discovery	Muestreo (Aguas Profundas)	Sintético (Plasma®)	8000	22	20	2
RRS James Cook	Muestreo (Aguas Profundas)	Sintético (Plasma®)	8000	22	20	2
Sarmiento de Gamboa	Muestreo Plancton		6000	6		2
Maria S. Merian	Muestreo		6200	11	3	2
Cefas Endeavour	Muestreo	Cable	1000	20	2,8	
	Muestreo	Cable	2000	12	2,8	

4.4 CHIGRE DE EXTRACCIÓN DE MUESTRAS DEL FONDO.

El sacatestigos es un tubo de longitud variable, dotado de un cabezal y presentando un peso elevado, que se estiba en la cubierta superior, y se maneja mediante el correspondiente chigre.

Tabla 10 - Características correspondientes a los chigres para maniobra del sacatestigos o Corer en diversos buques de reciente construcción. Fuente: elaboración propia

Buque	**Tipo**	**Tipo de cable**	**Longitud (m)**	**Diámetro (mm)**	**Tiro (T)**	**Velocidad (m/s)**
RRS Discovery	Muestreo (Aguas Profundas)	Sintético (Plasma®)	8000	22	20	2
RRS James Cook	Muestreo (Aguas Profundas)	Sintético (Plasma®)	8000	22	20	2
Sarmiento de Gamboa	Muestreo (aguas profundas)		10000	14		1
Maria S. Merian	Muestreo (simple)		6200	11		
Cefas Endeavour	Muestreo	Cable	1000	20	2,8	
	Muestreo	Cable	2000	12	2	

5. CONCLUSIONES.

Distintas referencias: Oliveira et al (2014); Rosenblatt (1960); ECORYS (2014), coinciden a la hora de determinar requisitos comunes al diseño de los buques de investigación oceanográfica (BIO), incluyendo entre ellos la necesaria operatividad de chigres y grúas. Este hecho, a la vez que confirma la importancia de este aspecto, justifica el interés del objetivo de este trabajo. Por su parte Garcia del Valle (2007) incide en la necesidad de innovar en la operatividad de chigres y grúas.

Las singularidades que presenta el diseño de los chigres destinados a los BIOS, vienen dados por que en la operación se consiga alcanzar los aspectos siguientes:

- Manejo de líneas de materiales muy diversos: cabo sintético o metálico, para el remolque de equipos o bien cables coaxiales para arrastrar y transmitir datos.

- Posibilidad de contener una elevada cantidad de cable (trabajo en aguas ultra profundas) realizando una eficaz estiba del cable en el carretel. Esta necesidad de estiba eficaz viene motivada por tres circunstancias de importancia; ser capaz de almacenar la totalidad del cable, evitar los daños durante el funcionamiento y

finalmente conseguir la adecuada uniformidad en la velocidad de operación actuando sobre las revoluciones del carretel.

- Desarrollar, con gran exactitud y uniformidad, velocidades variables en el carretel.

- Necesidad de contar con el control e indicación de la tracción ejercida por el carretel sobre el cable durante la operación.

- Disponer de un sistema que transmita los datos del cable a un sistema de recepción (ordenador, memoria, etc,)

- Disponer de un sistema que limite la tracción en el cable evitando su rotura.

- Ligereza de los materiales a emplear en su construcción, en el caso de chigres portátiles, y en todos los casos inalterabilidad de estos ante el ambiente marino (acero inox. y aluminio)

- Necesidad de contar con un funcionamiento silencioso y en ausencia de vibraciones (ya que se hace necesario el control sobre el ruido irradiado).

- En algunos chigres multipropósito el carretel se debe poder desmontar del chigre con todo su cable, permitiendo que se puedan utilizar varios carreteles con diferentes tipos de cable.

La modificación en el transcurso del tiempo de los protocolos de investigación a seguir para realizar los experimentos ha afectado a los equipos en estudio. Estos cambios han significado el desarrollo e incremento de los dispositivos de tipo electrónico de control en los chigres (sensores), que han debido integrarse con los dispositivos eléctricos, hidráulicos y mecánicos.

Los chigres se podrán clasificar atendiendo a su función (tipo de experimento a realizar que determinará sus parámetros de funcionamiento) (tabla 3).

Del análisis de los equipos instalados en BIOS de reciente construcción (tablas 7, 8, 9 y 10) se obtienen los valores medios contenidos en la tabla 11.

Los chigres de mayor tracción serán los correspondientes al muestreo de pesca, seguido del muestreo de fondo y plancton. El manejo de la roseta CTD será el que menor exigencia de tracción presente. Sin embargo este último ensayo CTD, será el más exigente en aspectos de

capacidad del carretel y velocidad del equipo, ya que ambos parámetro presentan relación (Carral et al, 2015b).

Tabla 11 – Valores medios de los chigres científicos empleados en BIO de reciente construcción. Fuente: elaboración propia.

Tipo de Chigre	*Longitud/Capacidad almacenamiento*	*Tiro (KN)*	*Velocidad (m/sg)*
Muestreo Pesca – Chigre arrastre	6000 m	150.6	1.84
Muestreo Pesca – Tambor de Red	5.6 m^3	-	-
Manejo de la roseta CTD	7750 m	47.9	2.43
Muestreo Plancton	5200 m	97.2	2
Muestreo Fondo	6370 m	112	1.75

BIBLIOGRAFÍA

Adler A., 2013. The ship as laboratory: Making space for field science at sea. *Journal of the history of Biology*.(2014) 47; (333-362)

Baumgartner, M. 2003. Comparisons of Calanus finmarchicus fifth copepodite abundance estimates from nets and an optical plankton counter. Journal of Plankton Research 25:855–868.

Baird S. 2006. Deep-Sea Exploration: Earth's Final Frontier:: The Technology Teacher Vol 65, nº 4 - | December 2006.|

Berteaux H., Walden R., Bonde l., Bird J., 1985. Improvement of Intermediate Oceanographic Winches, Woods Hole Oceanographic Institution

Carral Couce L., 2005, Influencia de la maquinilla de pesca en el buque de arrastre por popa, Actas del XIX Congreso Internacional Copinaval, Guayaquil, Instituto Panamericano de Ingeniería Naval.

Carral Couce J., Carral Couce L., Fraguela Formoso J., Fernández Soto J., 2013a, El chigre de remolque en las maniobras de altura y de escolta: propuesta de armonización en sus parámetros de diseño, *DYNA – Industria y Energía* 88, 395 - 399. ISSN: 0012-7361

Carral Couce L., Carral Couce J. Fraguela Formoso J. González Filgueira G. Lamas Pardo G., 2013b. Winche con caracteristicas de control avanzadas para labores de maniobra en superyates In: *IPIN Actas del XXIII Congreso Internacional Copinaval* , Isla Margarita, 30 septiembre – 4 octubre 2013, pp. 366. Isla Margarita: IPIN

Carral Couce L., Carral Couce J. C., Fraguela Formoso J., 2015a, Operation and handling of escort tugboats with the aid of automatic towing winch systems, *The Journal of Navigation,* 68 , 1, 71 – 88. doi:10.1017/S0373463314000435

Carral Couce J., Carral Couce L, Fraguela Formoso J.A, Rodríguez Guerreiro M., 2015b. Fishing grounds' influence on trawler winch design Ocean Engineering 102 (195). 136-145. doi.org/10.1016/j.oceaneng.2015.04.055.

Carral Couce J., Carral Couce L., Fraguela Formoso, J, Villa Caro R., 2015c. Anchor Windlasses, a desing proposal to standardise regulation. International Journal of Maritime Engineering (RINA Transactions Part A) 157,95-104.2015

Carral Couce J.,Carral Couce L., Fraguela Formoso, J, Villa Caro R, 2015d Forthcoming, "*Standardising the design and production of mooring winches through more cohesive regulations: a necessary step*", International Journal of Maritime Engineering (RINA Transactions Part A), 2015

Committee on Exploration of the Seas Ocean Studies Board. 2003. Exploration of the Seas, Voyage Into the Unknown. In www. nap.edu/catalog/10844.html Accesed june 2015

Costal M. 2015. Proyecto fin de Carrera buque Oceanográfico. Repositorio Universidade da Coruña - UDC

Choat, J. H., P. J. Doherty, B. A. Kerrigan, and J. M. Leis. 1993. A comparison of towed nets, purse seine, and light-aggregation devices for sampling larvae and pelagic juveniles of coral reef fishes. U.S. National Marine Fisheries Service Fishery Bulletin 91:195–209.

Dempke, B., and B. Griffin. 1997. Smaller winch technology: winches-inspired by focus on nearshore processes-are more compact, lightweight for operations on smaller research vessels. Sea Technology 38(7):34–38.

Eurocean RV. European research vessels infobase. http://www.rvinfobase.eurocean.org/index.jsp. Acceso julio 2015

ECORYS , 2014 Study to investigate state of knowledge of deep sea mining. In www. /webgate.ec.europa.eu/maritimeforum/sites/maritimeforum/files/FGP96656 DSM Interim report 280314.pdf, accesed june 2015

Gordon, D., M. D. Pearlman, and S. M. Pearlman. 1998. Winch technology: past, present, and future winch design principles and developments; an amalgamation of old and new. Sea Technology 39(7): 17–24.

Griffin, B. 2009. Commercial marine deck machinery: 30 years of change. Pacific Maritime Magazine (July): 1–3.

Griffin, B., and G. Nishimura. 2007. How to design a big new winch: design methodology of winches for use in dynamic seas. Pacific Maritime Magazine (July): 1–4.

Hooker, S. B., and S. Maritorena. 2000. An evaluation of oceanographic radiometers and deployment methodologies. Journal of Atmospheric and Oceanic Technology 17:811–830

Garcia del Valle J., 2007, Proyecto fin de Carrera buque Oceanográfico. Repositorio Universidade da Coruña -UDC

Ibercisa, http://www.ibercisa.es/b12-p12-maquinaria-barco-oceanogr_fico.html, acceso julio 2015

INSHT (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo), 2000. NTP 155 – Cables de acero, – Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales.

Markey Machinery. 2004. COM-winch installation profile #2: NOAA (Auke Bay Laboratory). Markey Machinery, Seattle. Available: markeymachinery.com/PDF/Articles/AukeBayMarkeyCOM-7_2004.pdf. (September 2010).

Mulcahy, M. 1981. Winch technology matches evolving oceanographic demands. Sea Technology 22:10–11.

Nishimura, G., Sturdevant M.. 2011. Portable winch technology: increased use of small and chartered vessels creates new winch requirements. Sea Technology 52(7):21–24.

Miranda P., 2015 – Proyecto fin de Carrera buque Oceanográfico. Repositorio Repositorio Universidade da Coruña - UDC

National Science Foundation (NSF) , 2001. Handbook of oceanographic winch, wire and cable technology, OCE 9942973 John F. Bash, Editor

Oberg E., Green R.(editor), Ryffel H., 1992. Machinery Handbook. 24 edición ISBN: 9780831124922

Oliveira D., Passos F., Karuka G., Tancredi T., 2014, Synthesis and optimization of oceanographic ship design, Editado por: Soares, CG; Pena, FL

Conferencia: 15th International Congress of the International-Maritime-Association-of-the-Mediterranean (IMAM) Ubicación: A Coruna, SPAIN Fecha: OCT 14-17, 2013 Patrocinador(es): Int Maritime Assoc Mediterranean

DEVELOPMENTS IN MARITIME TRANSPORTATION AND EXPLOTATION OF SEA RESOURCES, VOL 1 Páginas: 491-500

Pepin, P., and T. H. Shears. 1997. Variability and capture efficiency of bongo and Tucker trawl samplers in th collection of ichthyoplankton and other macrozooplankton. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 54:765–773.

Periáñez R., 2010. Fundamentos de Oceanografía Dinámica. Secretariado de publicaciones – Universidad de Sevilla. ISBN 978 84 472 1253 4

Pearlman S., Gordon D., Pearlman M., A Summary of Winch Design Principles and Developments, in http://www.interoceansystems.com accesed june 2015

Rosenblatt 1960- The Design of Modern Oceanographic Research Ships, SNAME, Transactions TRANS January 01, 1960 12:00 am

Scantrol. http://www.scantrol.com/ispool-electronic-wire-spooling-2, acceso julio 2015

Siler, J. 1983. Description of a trawl handling structure for a bow-fished Tucker trawl. Progressive Fish-Culturist 45:217–220.

Santos L., Nuñez Basañez J., 1994, Fundamentos de pesca, Fondo Editorial de Ingeniería Naval F.E.I.N, Madrid.