



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



Escola Politécnica Superior

Trabajo Fin de Grado
CURSO 2021/22

BUQUE OCEANOGRÁFICO 55 m
MAR AURORA

Grado en Ingeniería Naval y Oceánica

ALUMNO

David Martín Argibay

TUTOR

Fernando Lago

FECHA

Septiembre 2022

Escola Politécnica Superior



UNIVERSIDADE DA CORUÑA

GRADO EN INGENIERÍA NAVAL Y OCEÁNICA
TRABAJO FIN DE GRADO

CURSO 2.021-2.022

PROYECTO NÚMERO 2022-GENO-14

TIPO DE BUQUE: Buque oceanográfico con capacidad polar para operar en zonas árticas y antárticas. 55 m de eslora entre perpendiculares

CLASIFICACIÓN, COTA Y REGLAMENTOS DE APLICACIÓN: DNVGL, SOLAS + MARPOL+ exigibles en este tipo de buques. POLAR CODE TIPO B ICE CLAS I-B SPS. CLEAN DESIGN. NAUT O EQUIVALENTE

CARACTERÍSTICAS DE LA CARGA: 300 m² de capacidad para laboratorios de investigación. 100 m² de superficie libre en cubierta

VELOCIDAD Y AUTONOMÍA: velocidad máxima de 14 nudos y velocidad de crucero de 12 nudos con una autonomía de 40 días

SISTEMAS Y EQUIPOS DE CARGA / DESCARGA: 2 grúas de carga a cada costado del buque.

PROPULSIÓN: propulsión eléctrica mediante 2 motores eléctricos, mas 4 generadores diésel de diferentes potencias, más el generador de emergencia. Navegación en zona ECA con LNG.

TRIPULACIÓN Y PASAJE: capacidad para 20 científicos más 8-12 tripulantes

OTROS EQUIPOS E INSTALACIONES: laboratorio en frío (-25 ° C), nivel mínimo de vibraciones y ruidos transmitidos a la mar, robot submarino a bordo además de embarcaciones menores tales como 2 Zodiacs a disposición del personal. Helipuerto.

ALUMNO: **D. David Martín Argibay**

RESUMEN BUQUE OCEANOGRÁFICO 55 M MAR AURORA

Castellano

A lo largo del presente Trabajo Fin de Grado se realizará el anteproyecto de un buque oceanográfico de 55 metros de eslora. Se trata de un buque que podrá navegar en aguas polares a 12 nudos con propulsión diésel-eléctrica, 40 días de autonomía, capacidad de navegación con LNG en zona ECA y que poseerá 300 m² de laboratorios mas 100 m² de superficie libre en cubierta para el estudio llevado a cabo por los 20 científicos que podrán ir a bordo del mismo.

El proyecto consta de un estudio preliminar de oceanográficos semejantes para, posteriormente, desarrollar las formas del buque, estudiar su flotabilidad y estabilidad en distintas condiciones, la potencia necesaria a bordo, la disposición general, el cálculo estructural de la cuaderna maestra, así como el estudio del francobordo, cámara de máquinas, planta eléctrica y equipos y servicios necesarios a bordo para concluir con el estudio del presupuesto y viabilidad de construcción del buque.

Galego

Ao longo deste Traballo Fin de Grao realizarase o anteproxecto dun buque oceanográfico de 55 metros de eslora. Trátase dun buque que poderá navegar en augas polares a 12 nudos con propulsión diésel-eléctrica, 40 días de autonomía, capacidade de navegación con LNG na zona ECA e que contará con 300 m² de laboratorios máis 100 m² de superficie libre na cuberta para o estudo realizado polos 20 científicos que poderán subir a bordo.

O proxecto consiste nun estudo preliminar de oceanográficos similares para posteriormente desenvolver as formas do buque, estudar a súa flotabilidade e estabilidade en diferentes condicións, a potencia necesaria a bordo, a disposición xeral, o cálculo estrutural da cuaderna maestra, así como o estudo do francobordo, cámara de máquinas, planta eléctrica e equipos e servizos necesarios a bordo para concluír co estudo do orzamento e viabilidade de construción do buque.

English

Throughout this Final Degree Project, the preliminary design of a research vessel of 55 meters in length will be carried out. It is a ship that will be able to navigate in polar waters at 12 knots with diesel-electric propulsion, 40 days of autonomy, navigation capacity with LNG in ECA zone and that will have 300 m² of laboratories plus 100 m² of free surface on deck for the study carried out by the 20 scientists that will be able to go on board.

The project consists of a preliminary study of similar research vessels an then, develop the vessel's forme, study its buoyancy and stability in different conditions, the power required on board, the general layout, the structural calculation of the master frame, as well as the study of the freeboard, engine room, electrical plant and equipment and services required on board to conclude with the study of the budget and viability of building the vessel.



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



Escola Politécnica Superior

Trabajo Fin de Grado

CURSO 2021/22

BUQUE OCEANOGRÁFICO 55 m
MAR AURORA

Grado en Ingeniería Naval y Oceánica

CUADERNO 1

**ELECCIÓN DE LA CIFRA DE MÉRITO Y DEFINICIÓN DE ALTERNATIVAS.
SELECCIÓN DE LA MÁS FAVORABLE**

ÍNDICE

Resumen Buque Oceanográfico 55 m Mar Aurora	3
1. Descripción general.....	7
1.1. Descripción general buques oceanográficos	7
1.2. Descripción general Mar Aurora.....	8
2. Dimensionamiento preliminar y base de datos	10
2.1. Diagramas de dispersión y rectas de regresión.....	11
3. Estimación de coeficientes	20
3.1. Coeficiente de bloque.....	20
3.2. Coeficiente de la maestra.....	20
3.3. Coeficiente prismático	21
3.4. Coeficiente de flotación	21
3.5. Desplazamiento	22
3.6. Coeficientes preliminares	22
4. Selección de a cifra de mérito	23
5. Alternativas	24
5.2. Cálculo de costes.....	32
6. Selección de la alternativa más favorable	35
7. Predicción de potencia	41
8. Estudio preliminar de pesos	43
8.1. Cálculo del peso en rosca	43
8.1.1. Peso de acero (PS).....	43
8.1.2. Peso de los equipos (PEr).....	43
8.1.3. Peso de la maquinaria (PMaq).....	43
8.2. Peso muerto.....	44
8.2.1. Peso de los consumos	44
8.2.2. Peso de tripulación y científicos	45
8.2.3. Peso de la carga	46
8.2.4. Peso de los pertrechos.....	46
8.2.5. Peso muerto final	46
8.3. Cálculo del Desplazamiento.....	46
9. Estudio del francobordo.....	47
9.1. Regla 3. Definición de términos.....	47
9.2. Cálculo del francobordo	48
9.2.1. Corrección para buques con eslora menor a 100 m (regla 29).....	48
9.2.2. Corrección por coeficiente de bloque (regla 30)	48
9.2.3. Corrección por puntal (regla 31).....	48
9.2.4. Corrección por superestructuras	48

10.	Especificaciones	51
10.1.	Clasificación y reglamentos de especificación	51
11.	Croquis y disposición general preliminar	52
12.	Bibliografía.....	53
	ANEXO I: cálculo NAVCAD predicción de potencia.....	54
	ANEXO II: buques base de datos	59

1. DESCRIPCIÓN GENERAL

1.1. Descripción general buques oceanográficos

El constante crecimiento del tráfico de mercancías mundial por tierra mar y aire, necesario para nutrir de recursos a diferentes partes del mundo, está provocando un gran deterioro del medio a nivel terrestre, aéreo y sobre todo marítimo debido a esta incesante actividad humana que no parará de seguir creciendo en los próximos años. Es por ello, por lo que tenemos la necesidad de estudiar, analizar, conocer, cuidar y conservar nuestro medio marino tan explotado y perjudicado hoy en día.

Los llamados buques oceanográficos, con grandes científicos y personal de tripulación a bordo, son los encargados de llevar a cabo esta tarea tan importante de estudio, análisis y búsqueda de soluciones y conservación para la minimización del impacto al medio marino causado por nuestra actividad.



Ilustración 1: buque oceanográfico Sarmiento de Gamboa

Los estudios que se realizan a bordo de estos buques son, entre otros:

- El movimiento de placas tectónicas que ayudan a predecir el movimiento de éstas y así prevenir o informar a cerca de posibles terremotos o maremotos que puedan producirse.
- Estudios biológicos de fauna y flora de una determinada zona marítima o costera para prevenir y evitar que tanto la fauna como la flora de la zona llegue a estar amenazada. Esto puede ser debido a la actividad humana como puede ser la pesca, o por causas tales como cambios físicos o químicos del agua causados en su mayoría fundamentalmente por la actividad humana.
Con estudios y labores que se llevan a cabo a bordo esto puede corregirse o mitigarse una vez se encuentre cual es el problema de origen para ponerle solución.
- Estudios meteorológicos a lo largo de los años que muestren el cambio de tendencia atmosférico como consecuencia del cambio climático.
- Estudios hidrográficos y oceanográficos entre los que se incluyen estudios de las corrientes marinas, temperatura del agua, oxígeno disuelto, turbiedad, fluorescencia, etc.

Todos estos estudios lo llevan a cabo los buques oceanográficos, y son de vital importancia para conocer en profundidad las consecuencias de la actividad humana que está provocando

un cambio climático global, y lo que es más importante, conocer el origen exacto que origina estos problemas para ponerle remedio y corregirlo, evitando así que la lacra del cambio climático siga afectando de una manera tan grave a nuestro planeta y a la fauna y flora que tiene.

Para ello, se debe contar con un equipo de científicos experimentados, además de equipos a bordo de última tecnología capaces de llevar a cabo en profundidad las operaciones necesarias para los estudios:

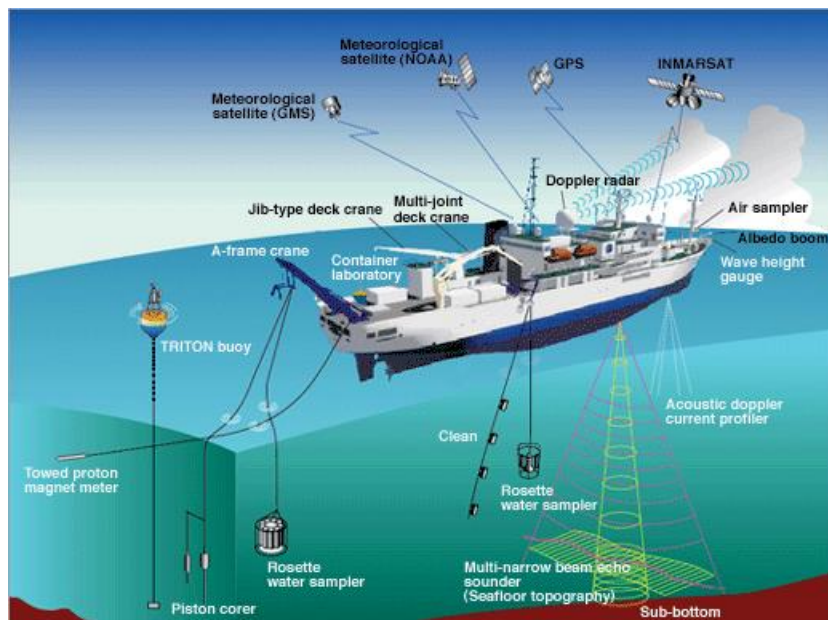


Ilustración 2: dispositivos a bordo de un oceanográfico

1.2. Descripción general Mar Aurora

Por ello se proyectará en las siguientes páginas de este trabajo el buque oceanográfico Mar Aurora que contará para dicho trabajo, protección especial contra hielo, ya que tendrá la capacidad de operar en zonas antárticas, una superficie de diversos laboratorios de investigación de 300 m² entre los que estará:

- Laboratorio húmedo
- Laboratorio seco
- Laboratorio meteorológico con estación meteorológica incluida a bordo
- Laboratorio de oceanografía
- Laboratorio de hidrografía
- Laboratorio en frío con congelador a -25 °C
- Laboratorio de química para analizar los cambios fisicoquímicos del mar
- Sala ROV desde donde se controlarán los dos robots submarinos que llevará a bordo el buque
- Sala Sonar desde donde se observarán y se emitirán los informes de las imágenes captadas por éste

Además, el buque contará con más de 100 m² de superficie libre en la cubierta, concretamente más de 250 m² donde llevará las dos grúas, una a cada costado, y donde irán estibados tanto los ROVs como las dos Zodiacs a disposición de los científicos.

También, en el techo de la cubierta del puente, a proa de éste, llevará un helipuerto con capacidad para que aterricen en él helicópteros de tamaño medio.

En cuanto a la propulsión, dispondrá de propulsores azimutales eléctricos que obtendrán la energía de 4 generadores diésel-eléctricos, más el generador de emergencia, y una hélice de maniobra a proa. Todo ello impulsará al Mar Aurora para alcanzar una velocidad de crucero y velocidad máxima de 12 y 14 nudos respectivamente, con una autonomía en alta mar de 40 días aproximadamente.

El buque constará de 6 cubiertas con una altura de 3,2 metros entre cada una de ellas salvo la altura del doble fondo que será de 1,2 metros:

- Cubierta de doble fondo, donde se ubicarán los tanques del buque
- 1º cubierta o techo del doble fondo, donde se ubicará la cámara de máquinas y los equipos auxiliares tales como la planta TAR o la planta desalinizadora por ósmosis inversa
- Cubierta de entrepunte donde se ubicarán los laboratorios anteriormente mencionados
- Cubierta principal donde se ubicará además del laboratorio meteorológico, dos comedores, una cocina con sus respectivas gambuzas húmeda y seca, un gimnasio y dos habitaciones a proa
- 1º cubierta de habitación ya correspondiente con la superestructura donde se ubicarán los camarotes de los científicos que serán dobles con literas y baño completo dentro de la habitación
- 2º cubierta de habitación o puente, donde además del puente tendrá los camarotes del capitán, del jefe de máquinas, de dos oficiales y del ingeniero a bordo

Por último, el buque, llevará a bordo un ascensor para una mayor comodidad de los científicos y tripulación.

2. DIMENSIONAMIENTO PRELIMINAR Y BASE DE DATOS

A continuación, se mostrarán los buques de referencia encontrados tanto en la revista técnica “Significant Small Ships” como en diferentes aportaciones de búsqueda en internet con las fichas técnicas de cada uno de ellos. Además, se incluyen algunas de estos buques de la empresa Freire Shipyard, así como datos recogidos en la web de Marine Traffic.

Todos estos buques se recogen en el Anexo I salvo el oceanográfico Mainport Cedar, sacado directamente desde la aplicación Marine Traffic.

En la búsqueda de dichos buques, se tuvo en cuenta los de construcción posterior al año 2005 a 2007 recogidos en la siguiente tabla:

NOMBRE	Lt (m)	Lpp(m)	B(m)	T(m)	D(m)	GT(ton)	v(knots)	vmax(knots)	Pot (kW)	Tripulación + científicos
James Cook	89,2	78,6	18,6	6,3	6,7	5400	12	16,2	3540	54
Investigator	93,9	85,6	18,5	6,2	9,45	5637	12	15	5200	60
Neil Armstrong	72,54	70,1	15,24	4,57	6,7	2602,9	12	12,8		44
Trident	19,8	19,1	6,55	1,37	2,84	92	17	23	746	52
Electra	24,3	20,1	7,2	2,1	3,5	182	10	12	736	38
Sarmiento Gamboa	70,5	62	15,5	4,9	5	2979	14	15	2400	41
NC-723	71,4	68,73	16,8	5	5,8		13	14		40
Almostakshif	55,58	49,8	12	4,3	6,05	1489	11	14,5	3600	75
BAP Carrasco	95,3	84	18	5,95	9,2	5716	12	16	6000	110
Janan RV	42,8	36	10	3,3	6,3	808	12	14	3200	30
Volstad Surveyor	88,3	75	18	6,8	9,1		16		4400	62
Mainport Cedar	54,6	48,4	13,8	4,8	6,8	1659	11,5	13,2		50
RV Fridtjof Nansen	74,5	66,1	17,4	3	8,6	3853	10	14,5	4560	45
Sanco Sky	72,4	66	13,2	6,21	6,2	2282	11	13	3600	32
Taqnia	43,2	36,4	10	4,3	6,3	801	13,9		2684,52	29

Ilustración 3: buques de referencia

Esta tabla (*ilustración 2*) nos muestra las dimensiones y características principales de otros buques oceanográficos ya existentes para darnos una idea de cual deben ser las dimensiones de nuestro buque proyecto y la relación existente entre ellas (*ilustración 3*):

NOMBRE	Lpp/B	Lpp/D	T/D	B/D	B/T	LBD
James Cook	4,23	11,73	0,94	2,78	2,95	9795,1
Investigator	4,63	9,06	0,66	1,96	2,98	14965,0
Neil Armstrong	4,60	10,46	0,68	2,27	3,33	7157,8
Trident	2,92	6,73	0,48	2,31	4,78	355,3
Electra	2,79	5,74	0,60	2,06	3,43	506,5
Sarmiento Gamboa	4,00	12,40	0,98	3,10	3,16	4805,0
NC-723	4,09	11,85	0,86	2,90	3,36	6697,1
Almostakshif	4,15	8,23	0,71	1,98	2,79	3615,5
BAP Carrasco	4,67	9,13	0,65	1,96	3,03	13910,4
Janan RV	3,60	5,71	0,52	1,59	3,03	2268,0
Volstad Surveyor	4,17	8,24	0,75	1,98	2,65	12285,0
Mainport Cedar	3,51	7,12	0,71	2,03	2,88	4541,9
RV Fridtjof Nansen	3,80	7,69	0,35	2,02	5,80	9891,2
Sanco Sky	5,00	10,65	1,00	2,13	2,13	5401,4
Taqnia	3,64	5,78	0,68	1,59	2,33	2293,2

Ilustración 4: relaciones dimensionales de los buques

Así, la relación existente entre la eslora entre perpendiculares (Lpp) y la manga (B) nos da una idea del comportamiento hidrodinámico que tiene el buque. A mayor relación L/B, mayor esbeltez de la obra viva por lo que la resistencia al avance será menor. En nuestro muestrario, dicha relación no es muy elevada, así pues, podemos asegurar que nuestro buque no

alcanzará grandes velocidades (aspecto poco importante en los buques oceanográficos) como muestra de manera clara la tabla anteriormente mostrada.

En cuanto a la relación existente entre la eslora entre perpendiculares (L_{pp}) y el puntal del buque (D) nos da una idea clara de la estabilidad estructural del barco. En nuestro estudio, dicha relación es relativamente alta, lo que indica una mejor respuesta estructural del buque, ya que a mayor relación L_{pp}/D , mejor es su comportamiento estructural.

También cabe destacar la relación entre el calado del buque (T) y el puntal de este (D) que nos proporciona cuánta reserva de estabilidad (hasta inundación) tiene el barco. En el caso de los oceanográficos, la relación es parcialmente elevada, por lo que tendremos una reserva de estabilidad considerable.

2.1. Diagramas de dispersión y rectas de regresión

A continuación, estableceremos un cálculo de dimensiones preliminar de nuestro buque oceanográfico proyecto Mar Aurora partiendo de la eslora entre perpendiculares objetivos de 55 metros y basándonos en los buques de referencia anteriormente mostrados en la tabla, estableciendo gráficos y cálculos matemáticos sencillos para determinarlas.

Así, utilizando Excel, obtenemos unas gráficas de dispersión con una línea de tendencia que es la que utilizaremos en función de la eslora entre perpendiculares anteriormente citada de 55 metros y que nos dará los valores de las diferentes dimensiones de nuestro oceanográfico deseadas.

Cálculo de la manga (B)

A partir de la eslora entre perpendiculares fijada anteriormente en 55 metros, procedemos a calcular la manga del buque a partir del siguiente gráfico:

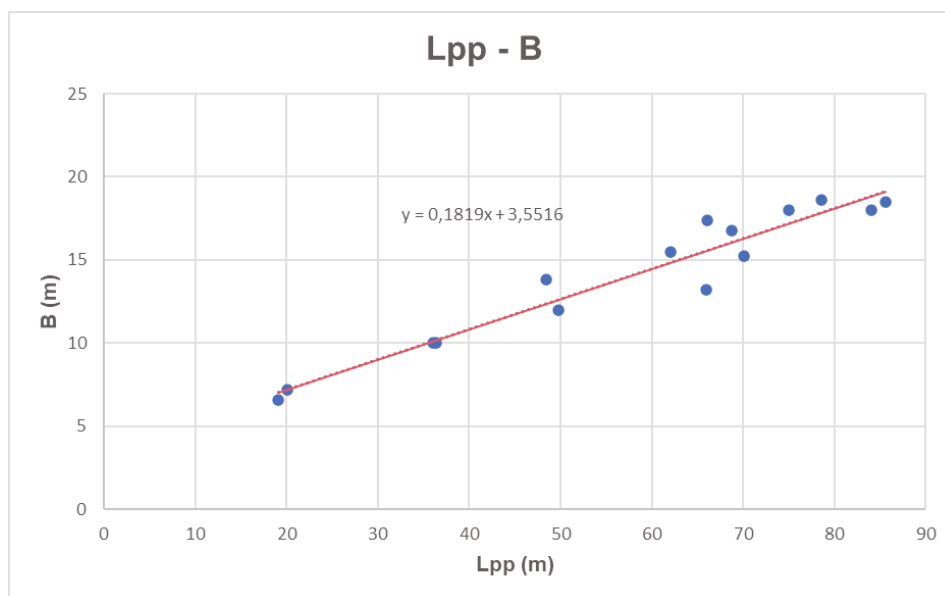


Ilustración 5: gráfica Lpp frente a B

Así, introduciendo en la fórmula añadida en la gráfica el valor de L_{pp} de 55 metros:

$$B = 0,1819 * L_{pp} + 3,5516$$

$$B = 13,55 \text{ m}$$

Cálculo de la eslora total (L_{tot})

Calculamos la eslora total del buque mediante el mismo método empleado anteriormente:

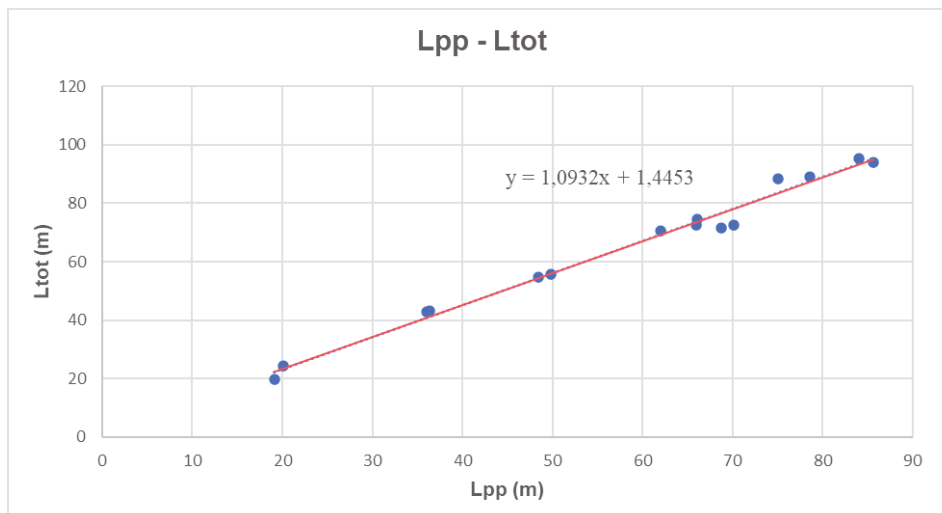


Ilustración 6: gráfica L_{pp} frente a L_{tot}

Introduciéndonos en la ecuación del gráfico, para un valor de 55 metros de eslora entre perpendiculares:

$$L_{tot} = 1,0932 * L_{pp} + 1,4453$$

$$L_{tot} = 61,57 \text{ m}$$

Cálculo del puntal (D)

De igual forma procedemos a calcular el puntal del buque empleando para ello dos gráficas más adelante expuestas; la eslora entre perpendiculares (L_{pp}) frente al puntal (D), y la manga (B) frente al puntal (D):

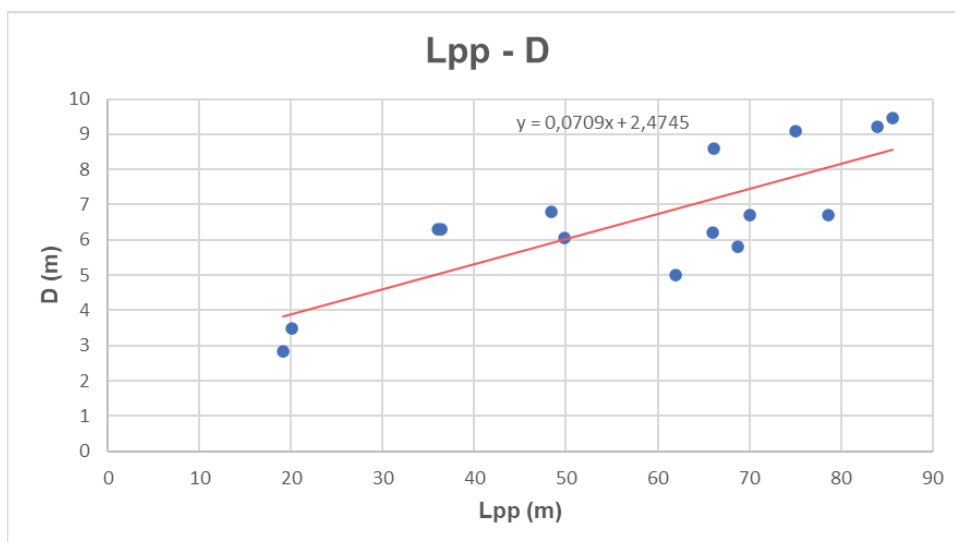


Ilustración 7: gráfica L_{pp} frente a D

Calculamos un puntal D_1 para una eslora de 55 metros:

$$D_1 = 0,0709 * L_{pp} + 2,4745$$

$$D_1 = 6,38 \text{ m}$$

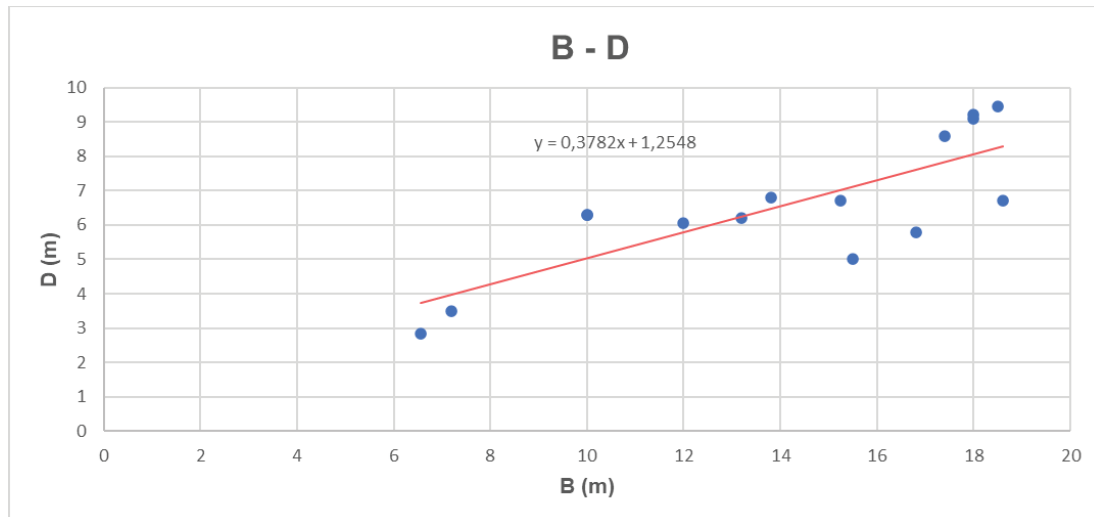


Ilustración 8: gráfica B frente a D

Empleando la manga (B) antes calculada de 13,55 m, obtenemos un puntal D_2 :

$$D_2 = 0,3782 * B + 1,2548$$

$$D_2 = 6,38 \text{ m}$$

Haciendo la media aritmética de los dos puntales obtenidos, hallamos el puntal más aproximado para nuestro buque:

$$D = \frac{D_1 + D_2}{2}$$

$$D = 6,38 \text{ m}$$

Cálculo del calado de diseño (T)

Procediendo de manera similar al cálculo anterior de la eslora total y la manga, podemos hallar de manera aproximada qué calado tendrá nuestro buque. Para ello utilizaremos dos gráficas con dos líneas de tendencia, una representando la eslora entre perpendiculares frente al calado, y otra la manga total frente al calado del buque:

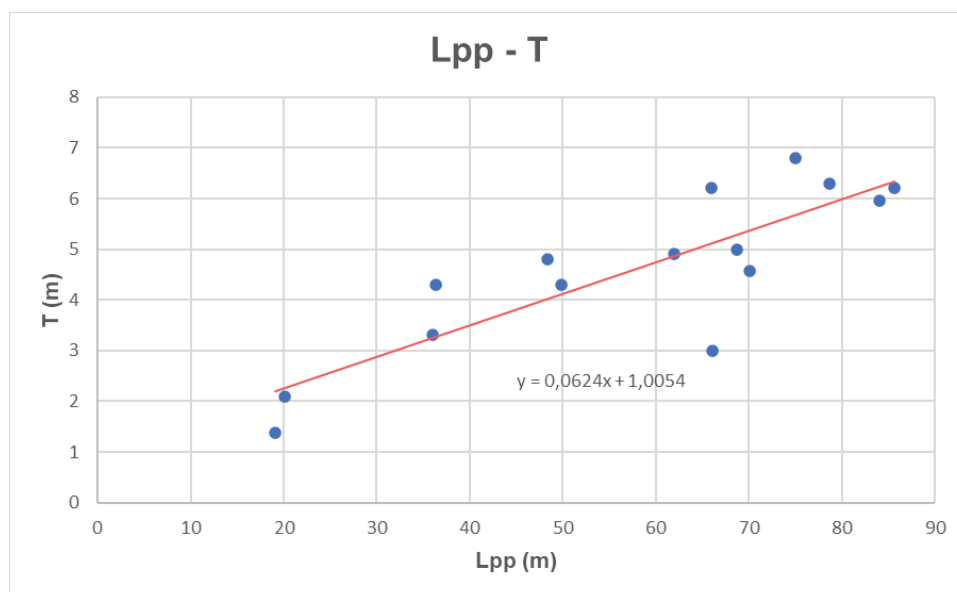


Ilustración 9: gráfica Lpp frente a T

Mediante la fórmula, deducimos que el calado para una eslora de 55 metros será de:

$$T_1 = 0,0624 * L_{pp} + 1,0054$$

$$T_1 = 4,44 \text{ m}$$

Representando la manga (B) frente al calado (T) obtenemos:

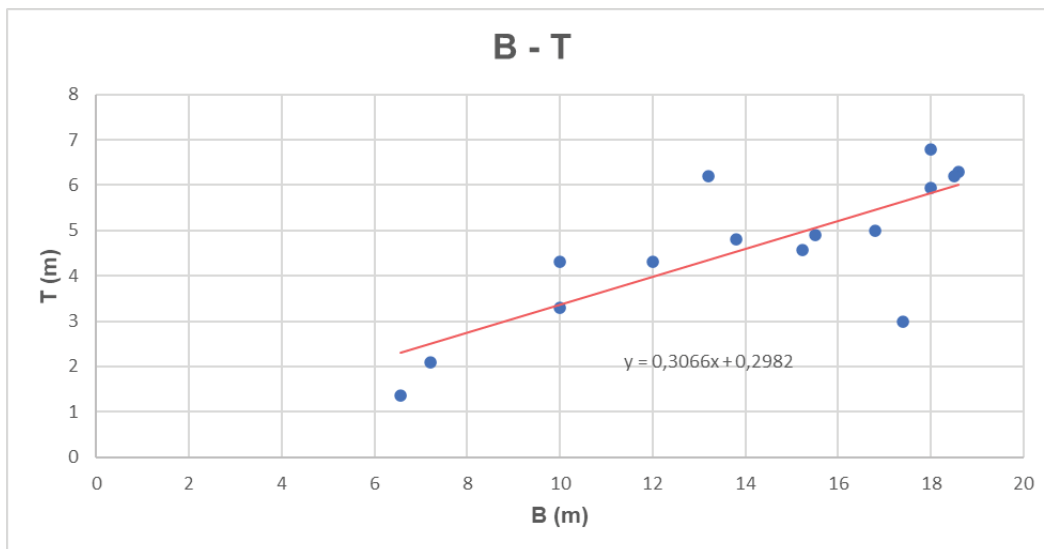


Ilustración 10: gráfica B frente a T

De nuevo mediante la fórmula que proporciona la línea de tendencia de la gráfica de dispersión, podemos calcular el calado (T) de nuestro buque. Sustituimos la manga anteriormente calculada de 13,55 m en la ecuación:

$$T_2 = 0,3066 * B + 0,2982$$

$$T_2 = 4,49 \text{ m}$$

Con estos dos calados calculados por dos vías diferentes, podemos hallar la media de ellos para obtener un calado más aproximado al que tendrá nuestro buque:

$$T = \frac{T_1 + T_2}{2}$$

$$T = 4,47 \text{ m}$$

Cálculo de las GTs (toneladas de registro)

La eslora entre perpendiculares (Lpp) es una de las dimensiones más importantes del buque, ya que su variación, supone un incremento del peso estructural del buque, además de que es la magnitud que más influye en el precio por la cantidad de acero, siendo la más cara.

Otro aspecto fundamental en el dimensionamiento de un buque son las toneladas de registro o GTs. Para su cálculo, representamos a continuación la gráfica de la eslora entre perpendiculares (Lpp) frente las toneladas de registro elevadas a un tercio ($GT^{1/3}$):

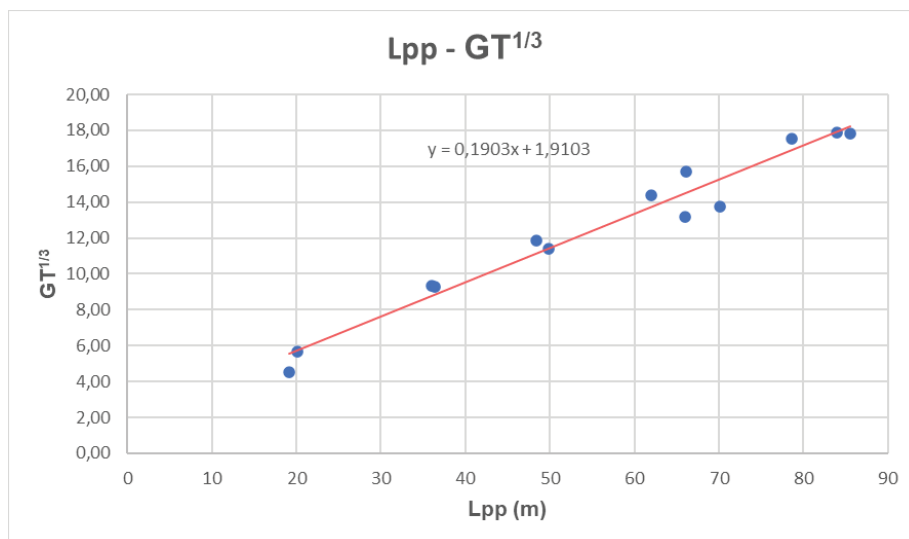


Ilustración 11: gráfica Lpp frente a GT^{1/3}

Tomando el valor de Lpp objetivo de 55 metros es sencillo hallar las GT^{1/3}, para después hallar las GT reales de nuestro buque:

$$GT^{\frac{1}{3}} = 0,1903 * Lpp + 1,9103$$

$$GT^{\frac{1}{3}} = 12,36$$

Bastará con elevar el valor recién calculado al cubo para obtener las GT del buque:

$$GT = 1888,23 \text{ ton}$$

Producto LBD en función de la eslora

Representamos a continuación el producto eslora-manga-puntal (LBD) en función de la eslora entre perpendiculares de los oceanográficos de la base de datos, y por regresión obtenemos el producto LBD que deberá tener nuestro oceanográficos para los 55 metros de eslora que tiene.

El valor que obtendremos más adelante es orientativo en esta primera fase, y nos da una idea de cara a escoger la alternativa más favorable más adelante:

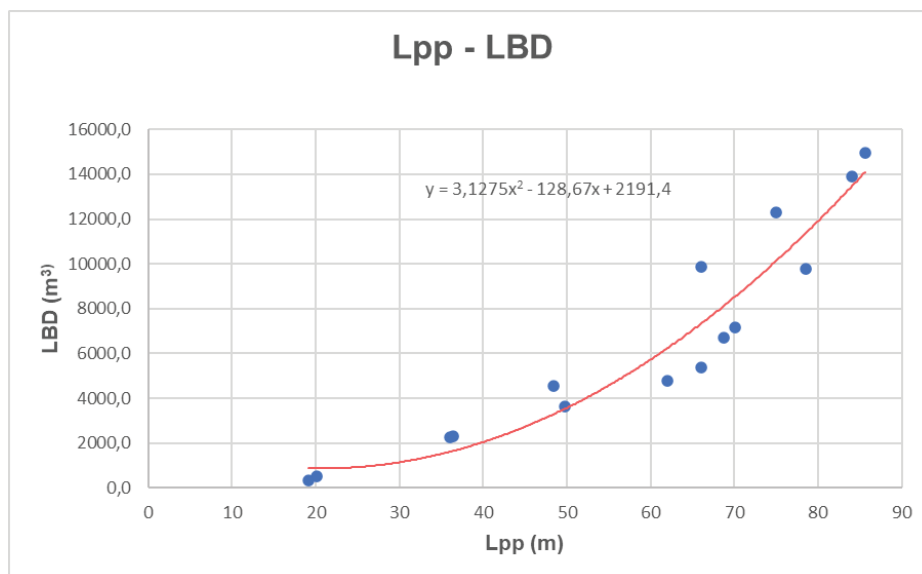


Ilustración 12: gráfica Lpp frente a LBD

La recta de regresión en este caso es una curva polinómica de grado dos y no una recta debido a la forma de la gráfica y a que la unidad del producto LBD son metros cúbicos. Por tanto, introduciendo los 55 metros en la ecuación:

$$LBD = 3,1275 * Lpp^2 - 128,67 * Lpp + 2191,4$$

$$LBD = 4575,23 \text{ m}^3$$

Éste será el LBD mínimo que deberá tener nuestro buque oceanográfico y que será también condición de proyecto indispensable para la elección de la alternativa más favorable, es decir, el buque escogido no podrá tener un producto LBD más pequeño que este.

Estimación de la potencia propulsora necesaria (kW)

A continuación, vamos a realizar un cálculo preliminar de la potencia propulsora que tendrá nuestro buque de 55 metros de eslora. Para ello, primeramente, representamos la eslora entre perpendiculares (Lpp) frente a la potencia (kW):

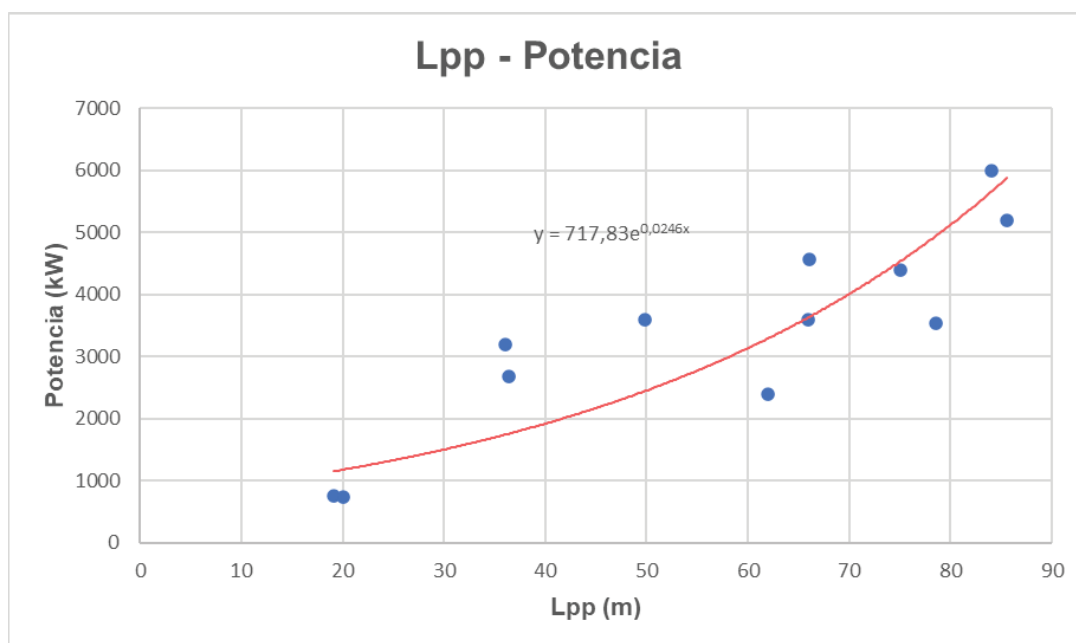


Ilustración 13: gráfica de Lpp frente a la potencia

Para una eslora entre perpendiculares de 55 metros, hallamos el valor de la potencia:

$$Potencia_1 = 717,83 * e^{0,0246 * Lpp}$$

$$Potencia_1 = 2777,29 \text{ kW}$$

Además, representamos también la manga (B) frente a la potencia:

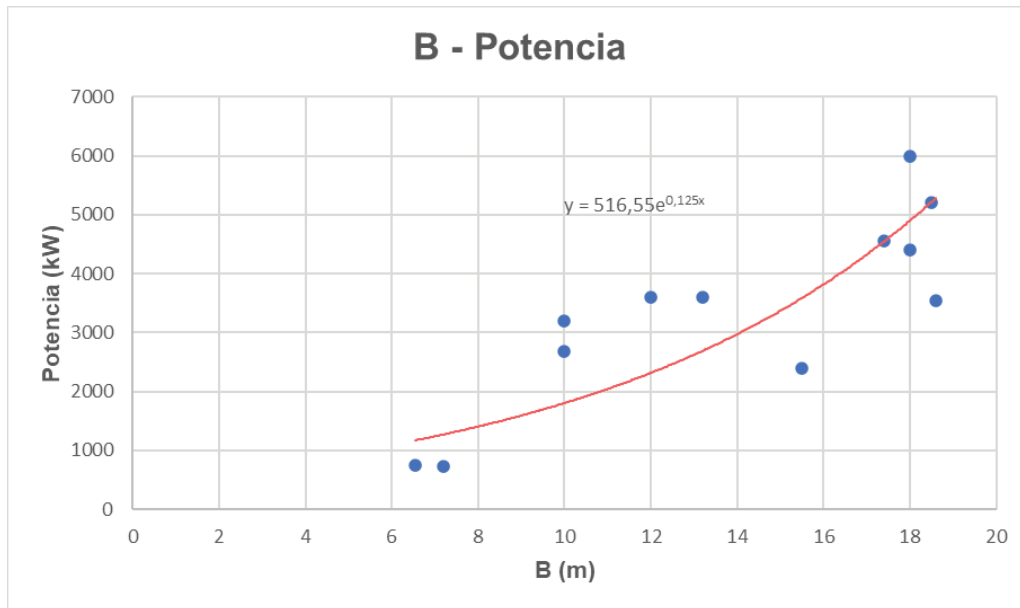


Ilustración 14: gráfica de B frente a la potencia

Para una manga anteriormente calculada de 13,55 metros:

$$Potencia_2 = 516,55 * e^{0,125*B}$$

$$Potencia_2 = 2809,95 \text{ kW}$$

Con las potencias calculadas de manera diferente, podemos hacer la media y obtener la potencia aproximada que necesitará el oceanográfico para su propulsión:

$$Potencia = \frac{Potencia_1 + Potencia_2}{2}$$

$$Potencia = 2793,62 \text{ kW}$$

Se puede apreciar que las dos gráficas de potencia anteriormente expuestas tienen una tendencia claramente exponencial. Esto es totalmente normal, ya que la potencia necesaria para la propulsión de cualquier tipo de buque crece exponencialmente con la dimensión de la eslora o la manga de éstos.

Fórmula del Almirantazgo para la predicción de potencia

Utilizando la fórmula del Almirantazgo:

$$Potencia = Ca * \Delta^{\frac{2}{3}} * v^3$$

Donde:

- La potencia se mide en kilovatios (kW) y es la potencia propulsora del buque
- Ca es una constante que hallaremos más adelante mediante regresión de los buques de la base de datos
- Δ es el desplazamiento del buque medido en toneladas (t)
- v es la velocidad de servicio del buque en nudos (knots)

Con todo ello calculamos la constante 'Ca' para los buques en los que conocemos el desplazamiento (Δ) y la potencia:

NOMBRE	Potencia (kW)	Desplazamiento (t)	Velocidad (knots)	Ca
Polar King	7600	9912,9	14	0,006
Investigator	5200	5880	12	0,009
Trident	746	48	17	0,011
Araon	10000	9071	12	0,013
Sarmiento Gamboa	2400	1979	14	0,006
BAP Carrasco	6000	5000	12	0,012
RRS Discovery	4400	6260,8	14	0,005

Ilustración 15: cálculo 'Ca' para fórmula del Almirantazgo

Seguidamente dibujamos la gráfica Velocidad-Ca con su correspondiente recta de regresión:

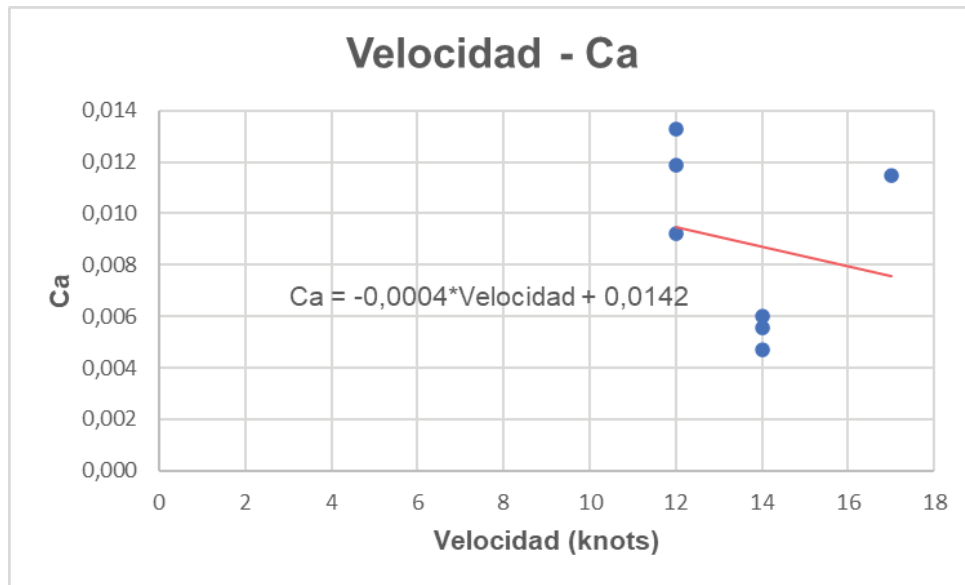


Ilustración 16: gráfica Velocidad-Ca

Con la fórmula expuesta en la gráfica e introduciendo la velocidad de nuestro oceanográfico de 12 nudos, es inmediato calcular el valor de Ca para más adelante estimar la potencia propulsora BP de cada una de las alternativas que hallaremos para el cálculo de costes de equipo y maquinaria:

$$Ca = -0,0004 * velocidad + 0,0142$$

$$Ca = 0,0094$$

Resumen rectas de regresión

La variación de la eslora o la manga influye en la superficie mojada del buque, y esta a su vez en la resistencia viscosa del mismo. A mayor superficie mojada, mayor resistencia viscosa tendrá el buque.

Además, cabe destacar que al disminuir la eslora (L) y aumentar la manga (B), se produce una disminución del peso estructural del buque, por lo que será necesaria menos potencia propulsora.

Con todas las medidas y características calculadas en las páginas anteriores ya tenemos las dimensiones preliminares del buque oceanográfico Mar Aurora:

NOMBRE	Lt (m)	Lpp(m)	B(m)	T(m)	D(m)	LBD	GT(ton)	v(knots)
Mar Aurora	61,57	55	13,55	4,47	6,38	4754,70	1888	12

vmax(knots)	Pot (kW)	Tripulación + científicos	Autonomía
14	2793,62	30	40

Ilustración 17: dimensiones preliminares del oceanográfico

Además de las relaciones entre ellas:

NOMBRE	Lpp/B	Lpp/D	T/D	B/D	B/T
Mar Aurora	4,06	8,62	0,70	2,12	3,03

Ilustración 18: relaciones adimensionales preliminares del oceanográfico

Con estas relaciones empezamos a comprobar las características hidrodinámicas y de flotabilidad y estabilidad que tendrá nuestro buque.

Un valor de aproximadamente 4 en la relación entre la eslora entre perpendiculares (Lpp) y la manga (B) indica a pensar que no será un buque demasiado esbelto, por lo que no alcanzará grandes velocidades y tendrá una resistencia al avance reseñable, magnitud poco relevante en este tipo de barcos. Si queremos un buque más esbelto y con una menor resistencia al avance, debemos aumentar la relación Lpp/B

Por otro lado, la relación entre la eslora entre perpendiculares (Lpp) y el puntal de barco (D) nos muestra que el Mar Aurora responderá correctamente estructuralmente hablando, ya que esta relación controla la deflexión de la viga-buque.

Posteriormente observamos una relación entre el calado del buque (T) y el puntal (D), relativamente pequeña, que proporciona información preliminar sobre el francobordo, lo que nos da una idea de que nuestro buque tendrá una reserva de estabilidad reseñable. Esto es importante para la seguridad de las personas a bordo.

En cuanto a la relación manga-puntal (B/D) controla la estabilidad inicial, puesto que KG es función del puntal y KM está muy influenciado por el valor de B.

Por último, cabe destacar la relación entre la manga y el calado, importante en la estabilidad inicial del barco, que será correcta debido a dicho valor, y en la resistencia al avance (resistencia viscosa y resistencia por formación de olas)

3. ESTIMACIÓN DE COEFICIENTES

Una vez definidas las dimensiones principales preliminares del buque oceanográfico procedemos al cálculo de los coeficientes de formas de este.

Para ello, lo primero que vamos a calcular será el número de Froude:

$$Fr = \frac{v}{\sqrt{g * L}}$$

Siendo:

- v, la velocidad crucero del buque: 12 nudos o 6,173 m/s
- g, la gravedad: 9,81 m/s²
- L, la eslora total: 55 m

$$Fr = 0,2657$$

3.1. Coeficiente de bloque

Una vez obtenido este valor de Froude, es sencillo calcular el coeficiente de bloque mediante fórmulas. Es básico para representar las formas del buque, y su valor se ve influenciado por el precio del combustible y la situación social del mercado.

Tiene una incidencia muy elevada sobre la resistencia al y sobre la capacidad de carga, aunque también afecta, en menor medida, a la estabilidad y maniobrabilidad.

- Fórmula de Alexander

$$CB = 1,08 - 1,68 * Fr$$

$$CB_1 = 0,633$$

- Fórmula de Minorsky

$$CB = 1,22 - 2,38 * Fr$$

$$CB_2 = 0,588$$

Haciendo la media con los dos coeficientes de bloque obtenidos, calculamos el coeficiente de bloque final:

$$CB = \frac{CB_1 + CB_2}{2}$$

$$CB = 0,61$$

3.2. Coeficiente de la maestra

El coeficiente de la maestra (CM), influye sobre la resistencia al avance de la carena y tiene una repercusión directa sobre la extensión de la zona curva del casco en el pantoque.

- Fórmula de Tarroja

Esta fórmula es válida para buques con un Froude menor a 0,5 por lo que el nuestro cumple.

$$CM = 1 - 2 * Fr^4$$

$$CM_1 = 0,99$$

➤ Fórmula de Kerlen

Esta fórmula utiliza el coeficiente de bloque en su expresión, así:

$$CM = 1,006 - 0,0056 \times CB^{-3,56}$$

$$CM_2 = 0,97$$

Hallando la media entre los dos coeficientes:

$$CM = \frac{CM_1 + CM_2}{2}$$

$$CM = 0,98$$

3.3. Coeficiente prismático

Una vez definidos CB y CM, el cálculo del coeficiente prismático es inmediato:

$$CPL = \frac{CB}{CM}$$

$$CPL = 0,62$$

Un valor bajo de CPL significa que el volumen de la obra viva se concentra alrededor de la perpendicular media y que los extremos de proa y de popa son afinados.

Tiene un efecto importante sobre la resistencia residual.

3.4. Coeficiente de flotación

El coeficiente de flotación tiene alguna influencia sobre la resistencia hidrodinámica y una influencia muy considerable sobre la estabilidad inicial del buque.

Una vez definidos los tres coeficientes anteriores, calculamos el coeficiente de flotación de nuestro buque para formas de V que tendrá nuestro oceanográfico como:

➤ Fórmula de Schneekluth

$$Cf = 0,297 + 0,743 * CB$$

$$Cf_1 = 0,75$$

➤ Fórmula de Tarroja

$$Cf = A + B * CB$$

Siendo:

$$A = 0,248 + 0,049 * G$$

$$B = 0,778 - 0,035 * G$$

$$G = 1 \text{ para buques con formas de V}$$

$$Cf_2 = 0,75$$

Utilizando cualquiera de las dos fórmulas, obtenemos un coeficiente de flotación de:

$$Cf = 0,75$$

3.5. Desplazamiento

Una vez obtenidos los coeficientes, estamos en disposición de calcular el desplazamiento en primera aproximación que tendrá el buque como:

$$\Delta = 1,025 * L * B * T * CB$$

$$\Delta = 2075,5 \text{ ton}$$

3.6. Coeficientes preliminares

Estos son los coeficientes preliminares del buque calculados anteriormente en una primera aproximación:

NOMBRE	Desplazamiento	CB	CM	CPL	CF
Mar Aurora	2075,5	0,61	0,99	0,62	0,75

Ilustración 19: coeficientes preliminares Mar Aurora

4. SELECCIÓN DE A CIFRA DE MÉRITO

A continuación, procederemos a generar alternativas dimensionales de nuestro buque proyecto y escogeremos la óptima en base a una cifra de mérito con los siguientes criterios:

- Coste de construcción.
- Inversión total.
- Coste de ciclo de vida.
- Flete requerido (mínimo)
- Tasa de recuperación del capital propio (máximo).
- Tasa de rentabilidad interna (máximo)

Por lo general, los buques oceanográficos los demandan organizaciones tales como ONGs o Estados a través de un Programa de Gobierno, por lo que la elección será la más barata posible.

5. ALTERNATIVAS

A continuación, generamos diferentes alternativas dimensionales de nuestro buque para escoger una de ellas, que será la opción más económica. La eslora entre perpendiculares la mantenemos fija en 55 metros ya que es el requisito de diseño indispensable.

Para obtener estas alternativas, variamos la manga y el puntal entre un 85% y un 115%, desde 0,85 a 1,15 respectivamente con saltos de 0,025, de manera que a la primera manga de 0,85 la manga inicial de 13,49 m, le correspondan 13 valores de puntal diferentes, desde 0,85 el puntal de la alternativa inicial a 1,15 de la misma.

- Froude

$$Fn = \frac{v}{\sqrt{g * Lo}}$$

- Calado

$$Tij = \frac{Bo * Do}{Bi * Dij} * To$$

- Coeficiente prismático

$$CPL = 1 - 2,123 * Fn$$

- Coeficiente de la maestra

$$CM = 1 - 2 * Fn^4$$

- Coeficiente de bloque

$$CB_1 = 1,08 - 1,68 * Fn$$

$$CB_2 = 1,22 - 2,38 * Fn$$

Y por tanto el coeficiente de bloque final será la media de estos:

$$CB = \frac{CB_1 + CB_2}{2}$$

- Desplazamiento

$$\Delta_{ijk} = 1,025 * CBo * Lo * Bi * Tij$$

Con todo esto, a continuación, mostramos las alternativas generadas en base a estos criterios y estas ecuaciones:

No todas estas combinaciones serán válidas, ya que tienen que cumplir una serie de requisitos de relaciones adimensionales que poseen los buques de la base de datos, entre un mínimo y un máximo.

min	Límites	máx
3,51	L/B	5
1,38	B/D	3,1
5,71	L/D	12,4
2,13	B/T	5,8
4575,58	LBD	-

Ilustración 20: límites de base de datos

Para cada alternativa, calculamos las relaciones antes expuestas de L/B, B/D, L/D y B/T y LBD mostradas en la siguiente tabla:

Alternativa	L/B	B/D	L/D	B/T	LBD	Validez
Inicial	4,06	2,12	8,62	3,03	4754,70	
1	4,78	2,12	10,14	1,86	3435,27	
2	4,78	2,06	9,85	1,92	3536,30	
3	4,78	2,01	9,58	1,97	3637,34	
4	4,78	1,95	9,32	2,03	3738,38	
5	4,78	1,90	9,07	2,08	3839,42	
6	4,78	1,85	8,84	2,14	3940,45	
7	4,78	1,81	8,62	2,19	4041,49	
8	4,78	1,76	8,41	2,24	4142,53	
9	4,78	1,72	8,21	2,30	4243,57	
10	4,78	1,68	8,02	2,35	4344,60	
11	4,78	1,64	7,84	2,41	4445,64	
12	4,78	1,60	7,66	2,46	4546,68	
13	4,78	1,57	7,50	2,52	4647,71	
14	4,64	2,19	10,14	1,97	3536,30	
15	4,64	2,12	9,85	2,03	3640,31	
16	4,64	2,06	9,58	2,09	3744,32	
17	4,64	2,01	9,32	2,15	3848,33	
18	4,64	1,96	9,07	2,20	3952,34	
19	4,64	1,91	8,84	2,26	4056,35	
20	4,64	1,86	8,62	2,32	4160,36	
21	4,64	1,81	8,41	2,38	4264,37	
22	4,64	1,77	8,21	2,44	4368,38	
23	4,64	1,73	8,02	2,49	4472,38	
24	4,64	1,69	7,84	2,55	4576,39	
25	4,64	1,65	7,66	2,61	4680,40	
26	4,64	1,62	7,50	2,67	4784,41	
27	4,51	2,25	10,14	2,09	3637,34	
28	4,51	2,18	9,85	2,15	3744,32	
29	4,51	2,12	9,58	2,21	3851,30	
30	4,51	2,07	9,32	2,27	3958,28	
31	4,51	2,01	9,07	2,33	4065,26	
32	4,51	1,96	8,84	2,39	4172,24	
33	4,51	1,91	8,62	2,46	4279,23	
34	4,51	1,86	8,41	2,52	4386,21	
35	4,51	1,82	8,21	2,58	4493,19	
36	4,51	1,78	8,02	2,64	4600,17	
37	4,51	1,74	7,84	2,70	4707,15	
38	4,51	1,70	7,66	2,76	4814,13	
39	4,51	1,66	7,50	2,82	4921,11	
40	4,39	2,31	10,14	2,20	3738,38	
41	4,39	2,25	9,85	2,27	3848,33	
42	4,39	2,18	9,58	2,33	3958,28	
43	4,39	2,12	9,32	2,40	4068,24	
44	4,39	2,07	9,07	2,46	4178,19	
45	4,39	2,01	8,84	2,53	4288,14	
46	4,39	1,96	8,62	2,59	4398,09	
47	4,39	1,92	8,41	2,66	4508,05	
48	4,39	1,87	8,21	2,72	4618,00	
49	4,39	1,83	8,02	2,79	4727,95	
50	4,39	1,79	7,84	2,85	4837,90	
51	4,39	1,75	7,66	2,92	4947,85	
52	4,39	1,71	7,50	2,98	5057,81	
53	4,27	2,37	10,14	2,33	3839,42	
54	4,27	2,31	9,85	2,39	3952,34	
55	4,27	2,24	9,58	2,46	4065,26	

56	4,27	2,18	9,32	2,53	4178,19	
57	4,27	2,12	9,07	2,60	4291,11	
58	4,27	2,07	8,84	2,67	4404,04	
59	4,27	2,02	8,62	2,74	4516,96	
60	4,27	1,97	8,41	2,80	4629,88	
61	4,27	1,92	8,21	2,87	4742,81	
62	4,27	1,88	8,02	2,94	4855,73	
63	4,27	1,83	7,84	3,01	4968,66	
64	4,27	1,79	7,66	3,08	5081,58	
65	4,27	1,75	7,50	3,15	5194,50	
66	4,16	2,44	10,14	2,45	3940,45	
67	4,16	2,37	9,85	2,52	4056,35	
68	4,16	2,30	9,58	2,59	4172,24	
69	4,16	2,24	9,32	2,67	4288,14	
70	4,16	2,18	9,07	2,74	4404,04	
71	4,16	2,12	8,84	2,81	4519,93	
72	4,16	2,07	8,62	2,88	4635,83	
73	4,16	2,02	8,41	2,95	4751,72	
74	4,16	1,97	8,21	3,03	4867,62	
75	4,16	1,93	8,02	3,10	4983,51	
76	4,16	1,88	7,84	3,17	5099,41	
77	4,16	1,84	7,66	3,24	5215,31	
78	4,16	1,80	7,50	3,31	5331,20	
79	4,06	2,50	10,14	2,58	4041,49	
80	4,06	2,43	9,85	2,65	4160,36	
81	4,06	2,36	9,58	2,73	4279,23	
82	4,06	2,30	9,32	2,80	4398,09	
83	4,06	2,24	9,07	2,88	4516,96	
84	4,06	2,18	8,84	2,96	4635,83	
85	4,06	2,12	8,62	3,03	4754,70	
86	4,06	2,07	8,41	3,11	4873,56	
87	4,06	2,02	8,21	3,18	4992,43	
88	4,06	1,98	8,02	3,26	5111,30	
89	4,06	1,93	7,84	3,33	5230,16	
90	4,06	1,89	7,66	3,41	5349,03	
91	4,06	1,85	7,50	3,49	5467,90	
92	3,96	2,56	10,14	2,71	4142,53	
93	3,96	2,49	9,85	2,79	4264,37	
94	3,96	2,42	9,58	2,87	4386,21	
95	3,96	2,35	9,32	2,95	4508,05	
96	3,96	2,29	9,07	3,03	4629,88	
97	3,96	2,23	8,84	3,11	4751,72	
98	3,96	2,18	8,62	3,18	4873,56	
99	3,96	2,12	8,41	3,26	4995,40	
100	3,96	2,07	8,21	3,34	5117,24	
101	3,96	2,03	8,02	3,42	5239,08	
102	3,96	1,98	7,84	3,50	5360,92	
103	3,96	1,94	7,66	3,58	5482,76	
104	3,96	1,89	7,50	3,66	5604,60	
105	3,87	2,62	10,14	2,84	4243,57	
106	3,87	2,55	9,85	2,92	4368,38	
107	3,87	2,48	9,58	3,01	4493,19	
108	3,87	2,41	9,32	3,09	4618,00	
109	3,87	2,35	9,07	3,17	4742,81	
110	3,87	2,29	8,84	3,26	4867,62	
111	3,87	2,23	8,62	3,34	4992,43	
112	3,87	2,18	8,41	3,43	5117,24	
113	3,87	2,12	8,21	3,51	5242,05	
114	3,87	2,07	8,02	3,59	5366,86	
115	3,87	2,03	7,84	3,68	5491,67	
116	3,87	1,98	7,66	3,76	5616,48	
117	3,87	1,94	7,50	3,84	5741,29	
118	3,78	2,69	10,14	2,98	4344,60	
119	3,78	2,61	9,85	3,07	4472,38	
120	3,78	2,54	9,58	3,15	4600,17	
121	3,78	2,47	9,32	3,24	4727,95	
122	3,78	2,40	9,07	3,33	4855,73	
123	3,78	2,34	8,84	3,42	4983,51	
124	3,78	2,28	8,62	3,50	5111,30	
125	3,78	2,23	8,41	3,59	5239,08	
126	3,78	2,17	8,21	3,68	5366,86	
127	3,78	2,12	8,02	3,77	5494,64	
128	3,78	2,08	7,84	3,85	5622,43	
129	3,78	2,03	7,66	3,94	5750,21	
130	3,78	1,99	7,50	4,03	5877,99	

131	3,69	2,75	10,14	3,12	4445,64	
132	3,69	2,67	9,85	3,21	4576,39	
133	3,69	2,60	9,58	3,30	4707,15	
134	3,69	2,53	9,32	3,39	4837,90	
135	3,69	2,46	9,07	3,48	4968,66	
136	3,69	2,40	8,84	3,58	5099,41	
137	3,69	2,34	8,62	3,67	5230,16	
138	3,69	2,28	8,41	3,76	5360,92	
139	3,69	2,22	8,21	3,85	5491,67	
140	3,69	2,17	8,02	3,94	5622,43	
141	3,69	2,12	7,84	4,03	5753,18	
142	3,69	2,08	7,66	4,13	5883,94	
143	3,69	2,03	7,50	4,22	6014,69	
144	3,61	2,81	10,14	3,26	4546,68	
145	3,61	2,73	9,85	3,36	4680,40	
146	3,61	2,65	9,58	3,45	4814,13	
147	3,61	2,58	9,32	3,55	4947,85	
148	3,61	2,52	9,07	3,64	5081,58	
149	3,61	2,45	8,84	3,74	5215,31	
150	3,61	2,39	8,62	3,84	5349,03	
151	3,61	2,33	8,41	3,93	5482,76	
152	3,61	2,28	8,21	4,03	5616,48	
153	3,61	2,22	8,02	4,12	5750,21	
154	3,61	2,17	7,84	4,22	5883,94	
155	3,61	2,12	7,66	4,32	6017,66	
156	3,61	2,08	7,50	4,41	6151,39	
157	3,53	2,87	10,14	3,41	4647,71	
158	3,53	2,79	9,85	3,51	4784,41	
159	3,53	2,71	9,58	3,61	4921,11	
160	3,53	2,64	9,32	3,71	5057,81	
161	3,53	2,57	9,07	3,81	5194,50	
162	3,53	2,51	8,84	3,91	5331,20	
163	3,53	2,44	8,62	4,01	5467,90	
164	3,53	2,38	8,41	4,11	5604,60	
165	3,53	2,33	8,21	4,21	5741,29	
166	3,53	2,27	8,02	4,31	5877,99	
167	3,53	2,22	7,84	4,41	6014,69	
168	3,53	2,17	7,66	4,51	6151,39	
169	3,53	2,12	7,50	4,61	6288,08	

Comprobamos, que además de la alternativa inicial, las alternativas marcadas en verde cumplen con los requisitos marcados en los límites.

Mostramos a continuación, las alternativas aceptadas dentro de los criterios:

Alternativa	Lpp(m)	B(m)	D (m)	T (m)	Fr	CB1	CB2	CB	CM	CPL	LBD	Desplazamiento
Inicial	55	13,55	6,38	4,47	0,2657	0,634	0,588	0,611	0,990	0,617	4754,695	2084,7
13	55	11,52	7,34	4,57	0,2657	0,634	0,588	0,611	0,990	0,617	4647,714	1812,8
24	55	11,86	7,02	4,64	0,2657	0,634	0,588	0,611	0,990	0,617	4576,394	1895,2
25	55	11,86	7,18	4,54	0,2657	0,634	0,588	0,611	0,990	0,617	4680,403	1853,1
26	55	11,86	7,34	4,44	0,2657	0,634	0,588	0,611	0,990	0,617	4784,412	1812,8
36	55	12,20	6,86	4,62	0,2657	0,634	0,588	0,611	0,990	0,617	4600,167	1939,3
37	55	12,20	7,02	4,52	0,2657	0,634	0,588	0,611	0,990	0,617	4707,148	1895,2
38	55	12,20	7,18	4,41	0,2657	0,634	0,588	0,611	0,990	0,617	4814,129	1853,1
39	55	12,20	7,34	4,32	0,2657	0,634	0,588	0,611	0,990	0,617	4921,109	1812,8
48	55	12,53	6,70	4,60	0,2657	0,634	0,588	0,611	0,990	0,617	4617,998	1985,4
49	55	12,53	6,86	4,50	0,2657	0,634	0,588	0,611	0,990	0,617	4727,950	1939,3
50	55	12,53	7,02	4,39	0,2657	0,634	0,588	0,611	0,990	0,617	4837,902	1895,2
51	55	12,53	7,18	4,30	0,2657	0,634	0,588	0,611	0,990	0,617	4947,854	1853,1
52	55	12,53	7,34	4,20	0,2657	0,634	0,588	0,611	0,990	0,617	5057,807	1812,8
60	55	12,87	6,54	4,59	0,2657	0,634	0,588	0,611	0,990	0,617	4629,884	2033,9
61	55	12,87	6,70	4,48	0,2657	0,634	0,588	0,611	0,990	0,617	4742,808	1985,4
62	55	12,87	6,86	4,38	0,2657	0,634	0,588	0,611	0,990	0,617	4855,732	1939,3
63	55	12,87	7,02	4,28	0,2657	0,634	0,588	0,611	0,990	0,617	4968,656	1895,2
64	55	12,87	7,18	4,18	0,2657	0,634	0,588	0,611	0,990	0,617	5081,580	1853,1
65	55	12,87	7,34	4,09	0,2657	0,634	0,588	0,611	0,990	0,617	5194,504	1812,8
72	55	13,21	6,38	4,58	0,2657	0,634	0,588	0,611	0,990	0,617	4635,828	2084,7
73	55	13,21	6,54	4,47	0,2657	0,634	0,588	0,611	0,990	0,617	4751,723	2033,9
74	55	13,21	6,70	4,37	0,2657	0,634	0,588	0,611	0,990	0,617	4867,619	1985,4
75	55	13,21	6,86	4,26	0,2657	0,634	0,588	0,611	0,990	0,617	4983,515	1939,3
76	55	13,21	7,02	4,17	0,2657	0,634	0,588	0,611	0,990	0,617	5099,410	1895,2
77	55	13,21	7,18	4,08	0,2657	0,634	0,588	0,611	0,990	0,617	5215,306	1853,1
78	55	13,21	7,34	3,99	0,2657	0,634	0,588	0,611	0,990	0,617	5331,202	1812,8
84	55	13,55	6,22	4,58	0,2657	0,634	0,588	0,611	0,990	0,617	4635,828	2138,2
85	55	13,55	6,38	4,47	0,2657	0,634	0,588	0,611	0,990	0,617	4754,695	2084,7
86	55	13,55	6,54	4,36	0,2657	0,634	0,588	0,611	0,990	0,617	4873,562	2033,9
87	55	13,55	6,70	4,26	0,2657	0,634	0,588	0,611	0,990	0,617	4992,430	1985,4
88	55	13,55	6,86	4,16	0,2657	0,634	0,588	0,611	0,990	0,617	5111,297	1939,3
89	55	13,55	7,02	4,06	0,2657	0,634	0,588	0,611	0,990	0,617	5230,165	1895,2
90	55	13,55	7,18	3,97	0,2657	0,634	0,588	0,611	0,990	0,617	5349,032	1853,1
91	55	13,55	7,34	3,89	0,2657	0,634	0,588	0,611	0,990	0,617	5467,899	1812,8
96	55	13,89	6,06	4,59	0,2657	0,634	0,588	0,611	0,990	0,617	4629,884	2194,4
97	55	13,89	6,22	4,47	0,2657	0,634	0,588	0,611	0,990	0,617	4751,723	2138,2
98	55	13,89	6,38	4,36	0,2657	0,634	0,588	0,611	0,990	0,617	4873,562	2084,7
99	55	13,89	6,54	4,25	0,2657	0,634	0,588	0,611	0,990	0,617	4995,401	2033,9
100	55	13,89	6,70	4,15	0,2657	0,634	0,588	0,611	0,990	0,617	5117,240	1985,4
101	55	13,89	6,86	4,06	0,2657	0,634	0,588	0,611	0,990	0,617	5239,080	1939,3
102	55	13,89	7,02	3,96	0,2657	0,634	0,588	0,611	0,990	0,617	5360,919	1895,2
103	55	13,89	7,18	3,88	0,2657	0,634	0,588	0,611	0,990	0,617	5482,758	1853,1
104	55	13,89	7,34	3,79	0,2657	0,634	0,588	0,611	0,990	0,617	5604,597	1812,8
108	55	14,23	5,90	4,60	0,2657	0,634	0,588	0,611	0,990	0,617	4617,998	2253,7
109	55	14,23	6,06	4,48	0,2657	0,634	0,588	0,611	0,990	0,617	4742,808	2194,4
110	55	14,23	6,22	4,37	0,2657	0,634	0,588	0,611	0,990	0,617	4867,619	2138,2
111	55	14,23	6,38	4,26	0,2657	0,634	0,588	0,611	0,990	0,617	4992,430	2084,7
112	55	14,23	6,54	4,15	0,2657	0,634	0,588	0,611	0,990	0,617	5117,240	2033,9
113	55	14,23	6,70	4,05	0,2657	0,634	0,588	0,611	0,990	0,617	5242,051	1985,4
114	55	14,23	6,86	3,96	0,2657	0,634	0,588	0,611	0,990	0,617	5366,862	1939,3
115	55	14,23	7,02	3,87	0,2657	0,634	0,588	0,611	0,990	0,617	5491,673	1895,2
116	55	14,23	7,18	3,78	0,2657	0,634	0,588	0,611	0,990	0,617	5616,483	1853,1
117	55	14,23	7,34	3,70	0,2657	0,634	0,588	0,611	0,990	0,617	5741,294	1812,8
120	55	14,57	5,74	4,62	0,2657	0,634	0,588	0,611	0,990	0,617	4600,167	2316,3
121	55	14,57	5,90	4,50	0,2657	0,634	0,588	0,611	0,990	0,617	4727,950	2253,7
122	55	14,57	6,06	4,38	0,2657	0,634	0,588	0,611	0,990	0,617	4855,732	2194,4
123	55	14,57	6,22	4,26	0,2657	0,634	0,588	0,611	0,990	0,617	4983,515	2138,2
124	55	14,57	6,38	4,16	0,2657	0,634	0,588	0,611	0,990	0,617	5111,297	2084,7
125	55	14,57	6,54	4,06	0,2657	0,634	0,588	0,611	0,990	0,617	5239,080	2033,9
126	55	14,57	6,70	3,96	0,2657	0,634	0,588	0,611	0,990	0,617	5366,862	1985,4
127	55	14,57	6,86	3,87	0,2657	0,634	0,588	0,611	0,990	0,617	5494,644	1939,3
128	55	14,57	7,02	3,78	0,2657	0,634	0,588	0,611	0,990	0,617	5622,427	1895,2
129	55	14,57	7,18	3,70	0,2657	0,634	0,588	0,611	0,990	0,617	5750,209	1853,1
130	55	14,57	7,34	3,62	0,2657	0,634	0,588	0,611	0,990	0,617	5877,992	1812,8
132	55	14,91	5,58	4,64	0,2657	0,634	0,588	0,611	0,990	0,617	4576,394	2382,5
133	55	14,91	5,74	4,52	0,2657	0,634	0,588	0,611	0,990	0,617	4707,148	2316,3
134	55	14,91	5,90	4,39	0,2657	0,634	0,588	0,611	0,990	0,617	4837,902	2253,7
135	55	14,91	6,06	4,28	0,2657	0,634	0,588	0,611	0,990	0,617	4968,656	2194,4
136	55	14,91	6,22	4,17	0,2657	0,634	0,588	0,611	0,990	0,617	5099,410	2138,2
137	55	14,91	6,38	4,06	0,2657	0,634	0,588	0,611	0,990	0,617	5230,165	2084,7
138	55	14,91	6,54	3,96	0,2657	0,634	0,588	0,611	0,990	0,617	5360,919	2033,9
139	55	14,91	6,70	3,87	0,2657	0,634	0,588	0,611	0,990	0,617	5491,673	1985,4
140	55	14,91	6,86	3,78	0,2657	0,634	0,588	0,611	0,990	0,617	5622,427	1939,3
141	55	14,91	7,02	3,69	0,2657	0,634	0,588	0,611	0,990	0,617	5753,181	1895,2

142	55	14,91	7,18	3,61	0,2657	0,634	0,588	0,611	0,990	0,617	5883,935	1853,1
143	55	14,91	7,34	3,53	0,2657	0,634	0,588	0,611	0,990	0,617	6014,689	1812,8
145	55	15,24	5,58	4,54	0,2657	0,634	0,588	0,611	0,990	0,617	4680,403	2382,5
146	55	15,24	5,74	4,41	0,2657	0,634	0,588	0,611	0,990	0,617	4814,129	2316,3
147	55	15,24	5,90	4,30	0,2657	0,634	0,588	0,611	0,990	0,617	4947,854	2253,7
148	55	15,24	6,06	4,18	0,2657	0,634	0,588	0,611	0,990	0,617	5081,580	2194,4
149	55	15,24	6,22	4,08	0,2657	0,634	0,588	0,611	0,990	0,617	5215,306	2138,2
150	55	15,24	6,38	3,97	0,2657	0,634	0,588	0,611	0,990	0,617	5349,032	2084,7
151	55	15,24	6,54	3,88	0,2657	0,634	0,588	0,611	0,990	0,617	5482,758	2033,9
152	55	15,24	6,70	3,78	0,2657	0,634	0,588	0,611	0,990	0,617	5616,483	1985,4
153	55	15,24	6,86	3,70	0,2657	0,634	0,588	0,611	0,990	0,617	5750,209	1939,3
154	55	15,24	7,02	3,61	0,2657	0,634	0,588	0,611	0,990	0,617	5883,935	1895,2
155	55	15,24	7,18	3,53	0,2657	0,634	0,588	0,611	0,990	0,617	6017,661	1853,1
156	55	15,24	7,34	3,46	0,2657	0,634	0,588	0,611	0,990	0,617	6151,387	1812,8
157	55	15,58	5,42	4,57	0,2657	0,634	0,588	0,611	0,990	0,617	4647,714	2452,6
158	55	15,58	5,58	4,44	0,2657	0,634	0,588	0,611	0,990	0,617	4784,412	2382,5
159	55	15,58	5,74	4,32	0,2657	0,634	0,588	0,611	0,990	0,617	4921,109	2316,3
160	55	15,58	5,90	4,20	0,2657	0,634	0,588	0,611	0,990	0,617	5057,807	2253,7
161	55	15,58	6,06	4,09	0,2657	0,634	0,588	0,611	0,990	0,617	5194,504	2194,4
162	55	15,58	6,22	3,99	0,2657	0,634	0,588	0,611	0,990	0,617	5331,202	2138,2
163	55	15,58	6,38	3,89	0,2657	0,634	0,588	0,611	0,990	0,617	5467,899	2084,7
164	55	15,58	6,54	3,79	0,2657	0,634	0,588	0,611	0,990	0,617	5604,597	2033,9
165	55	15,58	6,70	3,70	0,2657	0,634	0,588	0,611	0,990	0,617	5741,294	1985,4
166	55	15,58	6,86	3,62	0,2657	0,634	0,588	0,611	0,990	0,617	5877,992	1939,3
167	55	15,58	7,02	3,53	0,2657	0,634	0,588	0,611	0,990	0,617	6014,689	1895,2
168	55	15,58	7,18	3,46	0,2657	0,634	0,588	0,611	0,990	0,617	6151,387	1853,1
169	55	15,58	7,34	3,38	0,2657	0,634	0,588	0,611	0,990	0,617	6288,084	1812,8

Entre estas 102 alternativas buscaremos más adelante el buque más económico que cumpla con el LBD mínimo hallado anteriormente de 4575,58, requisito mínimo y que cumplen dichos buques oceanográficos propuestos anteriormente.

5.2. Cálculo de costes

A continuación, calcularemos el coste de cada proyecto con el fin de realizar una evaluación económica del mismo y que nos dirá cual de las alternativas es la más económica para nuestro oceanográfico y será dicha alternativa la que escogeremos.

Para ello realizaremos el cálculo de los costes de acero o del material a granel, de los costes de maquinaria propulsora, de los equipos a montar a bordo del buque y el coste de mano de obra.

$$CC = CMg + CEq + CMo + CVa$$

Donde:

- CC, es el coste de construcción total
- CMg, es el coste de los materiales a granel
- CEq, es el coste de los equipos a bordo del buque
- CVa, es el coste de los gastos del astillero (sociedades de clasificación, ensayos en canal, representaciones, etc.)

A continuación, explicamos cada uno de los costes de manera detallada.

Coste de los materiales a granel (CMg)

$$CMg = cmg * PS = ccs * cas * cem * ps * PS$$

Donde:

- cmg, es el coeficiente de coste del material a granel
- ccs, es el coeficiente ponderado de chapas y acero de distintas calidades
 $1,05 < ccs < 1,1 - 1,5$
 por la calidad del acero que será de buena calidad, escogemos un ccs de:
 $ccs = 1,35$
- cas, es el coeficiente de aprovechamiento de acero
 $1,08 < cas < 1,15$
 debido a un aprovechamiento medio del acero, escogemos un cas de:
 $cas = 1,1$
- cem, es el incremento por equipo metálico incluido en la estructura (escotillas, barandillas, etc.)
 $1,03 < cem < 1,1$
 el buque no dispondrá de demasiados equipos metálicos como escotillas o barandillas, por lo que escogemos un cem de:
 $cem = 1,07$
- ps, es el precio unitario del acero de referencia en euros por tonelada y que está hoy en día en:
 $ps = 450 \text{ €/t}$
- PS, es la estimación del peso de acero:

$$PS = K * L * B * D * \left(\frac{L}{D}\right)^{1/2}$$

Donde: **K=0,045**

Para cada alternativa, al tener distintos valores de geométricos le corresponderá un PS distinto que calcularemos más tarde dando lugar a un CMg distinto para cada una de ellas.

Coste de los equipos a bordo y montaje (CEq)

$$CEq = CEc + CEp + CHf + CEr$$

Donde:

- CEc, es el coste de los equipos de manipulación de la carga que no lo consideraremos
- CEp, es el coste de los equipos de construcción, auxiliares y su montaje

$$CEp = cep * BP$$

Donde:

- cep, es el coste por unidad de potencia de equipos de propulsión y auxiliares
300 €/kW < cep < 400 €/kW
escogemos un coste medio por kW de:

$$cep = 350 \text{ €/kW}$$

- BP, es la potencia propulsora total que para cada alternativa lo hallaremos mediante las regresiones obtenidas anteriormente
- CHf, es el coste de la habilitación y su montaje

$$CHf = chf * nch * NT$$

Donde:

- chf, es el coeficiente unitario de la habilitación por tripulante
32.000 € < chf < 35.000 €

debido a que el buque llevará a bordo una habilitación de calidad para cada tripulante y científico, el chf será de:

$$chf = 34.000 \text{ €}$$

- nch, coeficiente de nivel de calidad de la habilitación
0,9 < nch < 1,2

por el mismo motivo que el chf, el nch será ligeramente mayor al mínimo ya que la habilitación será de calidad para una buena acomodación de las personas a bordo, el nch será de:

$$nch = 1$$

- NT, número de tripulantes

$$NT = 30 \text{ personas}$$

- CEr, es el coste del equipo de restante

$$CEr = ccs * ps * PEr$$

Donde:

- ccs, es el coeficiente ponderado de chapas y acero de distintas calidades
1,25 < ccs < 1,35

$$ccs = 1,30$$

- ps, es el precio unitario del acero de referencia en euros por tonelada

$$ps = 450 \text{ €/t}$$

- PEr, es el peso de equipo restante

$$PEr = K * L^{1,3} * B^{0,8} * D^{0,3}$$

Donde: **K=0,05**

De nuevo, para cada alternativa, el valor de PEr será distinto debido a los diferentes valores geométricos de cada una de ellas, por lo que el CEq también lo será.

Coste de la mano de obra (CMo)

$$CMo = Cmm = chm * csh * PS$$

Donde:

- cmm, es el coste de la mano de obra de montaje del material a granel

- *chm*, es el coste horario medio del astillero
 $21 - 25 \text{ €/hora} < chm < 10 - 40 \text{ €/hora}$
escogemos un coste medio por hora del astillero de:
 $chm = 35 \text{ €/hora}$
- *csH*. es el coeficiente de horas por unidad de peso
 $20 - 30 \text{ horas/tonelada} < csH < 80 - 100 \text{ horas/tonelada}$
Elegimos un *csH* de:
 $csH = 85 \text{ horas/tonelada}$
- *PS*, es la estimación del peso de acero:

$$PS = K * L * B * D * \left(\frac{L}{D}\right)^{1/2}$$

Donde: **K=0,045**

Costes varios aplicados (CVa)

$$CVa = cva * CC$$

Donde:

- *cva*, es del 5 al 10 % del coste total de construcción (CC) en donde se incluyen seguros, sociedades de clasificación, ensayos en el canal, etc.
 $cva = 8 \%$

Ya estamos en disposición de calcular el precio de construcción que tendrán las diferentes alternativas mostradas anteriormente.

6. SELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA MÁS FAVORABLE

A continuación, detallamos el coste de cada alternativa antes mostrada, y seleccionamos la más económica. Esta alternativa será nuestra cifra de mérito y por lo tanto será las dimensiones del buque escogido y que más adelante proyectaremos.

Para ello, hacemos una breve corrección en el valor de C_a de la fórmula del Almirantazgo, haciendo la media del valor de la constante entre la de la alternativa inicial (hallados todos los valores por regresión) y el valor obtenido de C_a de los buques de la base de datos:

$$C_a (\text{alternativa inicial}) = \frac{\text{Potencia (kW)}}{\Delta^{2/3} * v^3}$$
$$C_a (\text{alternativa inicial}) = \frac{2846,61}{(2075,5)^{2/3} * (12)^3}$$
$$C_a (\text{alternativa inicial}) = 0,0101$$

El valor de C_a obtenido de la base de datos y hallado anteriormente es:

$$C_a (\text{base de datos}) = 0,0094$$

Hallando la media entre estos dos valores:

$$C_a = \frac{C_a (\text{alternativa inicial}) + C_a (\text{base de datos})}{2}$$
$$C_a = 0,00975$$

Este valor de C_a es el que usaremos para calcular la potencia estimada en primera aproximación (BP) necesaria para propulsar al buque de cada alternativa y que es imprescindible para calcular el coste de construcción como anteriormente hemos explicado.

Mostramos a continuación la tabla del coste de construcción de todas las alternativas previamente expuestas, y escogemos la de menor coste. Las recogemos todas en la siguiente tabla:

Alternativa	Potencia (kW)	PS	CMq	CEP	CHF	PER	CER	CEQ	CMO	CVA	CC
Inicial	2749,44	628,21	449.188,81 €	962.305,29 €	1.020.000,00 €	128,36	75.092,22 €	2.057.397,52 €	1.868.930,50 €	350.041,35 €	4.725.558,18 €
13	2504,84	628,21	409.446,13 €	876.693,22 €	1.020.000,00 €	117,54	68.760,57 €	1.965.453,79 €	1.703.673,98 €	326.277,91 €	4.404.751,82 €
24	2580,18	576,51	412.224,05 €	903.062,38 €	1.020.000,00 €	118,70	69.441,53 €	1.992.503,91 €	1.715.131,99 €	329.688,80 €	4.449.448,74 €
25	2541,81	583,03	416.882,09 €	889.633,63 €	1.020.000,00 €	119,51	69.911,27 €	1.979.544,99 €	1.734.512,63 €	330.475,17 €	4.461.414,80 €
26	2504,84	589,47	421.488,67 €	876.693,22 €	1.020.000,00 €	120,30	70.373,77 €	1.967.066,99 €	1.753.679,10 €	331.378,78 €	4.473.613,53 €
36	2620,03	586,21	419.155,98 €	917.009,63 €	1.020.000,00 €	120,57	70.536,12 €	2.007.545,75 €	1.743.973,55 €	333.664,02 €	4.504.329,31 €
37	2580,18	592,99	424.001,88 €	903.062,38 €	1.020.000,00 €	121,41	71.024,28 €	1.994.086,66 €	1.764.135,76 €	334.677,94 €	4.516.802,24 €
38	2541,81	599,69	428.793,01 €	889.633,63 €	1.020.000,00 €	122,23	71.504,73 €	1.981.138,36 €	1.784.070,14 €	335.520,12 €	4.529.521,63 €
39	2504,84	606,31	433.551,20 €	876.693,22 €	1.020.000,00 €	123,04	71.977,77 €	1.968.670,99 €	1.803.784,22 €	336.478,91 €	4.542.466,31 €
48	2661,45	595,45	425.760,44 €	931.508,18 €	1.020.000,00 €	122,38	71.592,11 €	2.023.100,30 €	1.771.452,60 €	337.625,07 €	4.557.938,40 €
49	2620,03	602,49	430.799,20 €	917.009,63 €	1.020.000,00 €	123,25	72.099,28 €	2.009.108,91 €	1.792.417,28 €	338.686,03 €	4.570.911,41 €
50	2580,18	609,46	435.779,71 €	903.062,38 €	1.020.000,00 €	124,10	72.698,26 €	1.995.660,64 €	1.813.139,54 €	339.566,39 €	4.584.146,27 €
51	2541,81	616,35	440.703,93 €	889.633,63 €	1.020.000,00 €	124,94	73.089,36 €	1.982.722,99 €	1.833.627,64 €	340.564,38 €	4.597.618,92 €
52	2504,84	623,16	445.673,73 €	876.693,22 €	1.020.000,00 €	125,77	73.572,88 €	1.970.266,10 €	1.853.889,33 €	341.578,33 €	4.611.307,50 €
60	2704,55	604,22	432.030,56 €	946.593,75 €	1.020.000,00 €	124,12	72.609,10 €	2.039.202,85 €	1.797.540,53 €	341.501,91 €	4.610.275,84 €
61	2661,45	611,54	437.267,48 €	931.508,18 €	1.020.000,00 €	125,02	73.135,91 €	2.024.644,10 €	1.819.329,69 €	342.469,30 €	4.623.740,57 €
62	2620,03	618,78	442.442,43 €	917.009,63 €	1.020.000,00 €	125,90	73.654,02 €	2.010.663,65 €	1.840.880,97 €	343.517,36 €	4.637.484,41 €
63	2580,18	625,93	447.567,54 €	903.062,38 €	1.020.000,00 €	126,78	74.163,75 €	1.997.226,13 €	1.862.143,31 €	344.564,16 €	4.651.481,14 €
64	2541,81	633,00	452.614,85 €	889.633,63 €	1.020.000,00 €	127,63	74.665,44 €	1.984.299,08 €	1.883.185,14 €	345.607,93 €	4.665.706,99 €
65	2504,84	640,00	457.616,27 €	876.693,22 €	1.020.000,00 €	128,48	75.159,39 €	1.971.852,61 €	1.903.994,45 €	346.677,07 €	4.680.342,87 €
72	2749,44	612,51	437.969,09 €	962.305,29 €	1.020.000,00 €	125,79	73.686,99 €	2.055.891,89 €	1.822.207,24 €	345.284,66 €	4.661.342,87 €
73	2704,55	620,12	443.389,78 €	946.593,75 €	1.020.000,00 €	126,72	74.133,73 €	2.040.727,48 €	1.844.844,22 €	346.317,72 €	4.675.289,20 €
74	2661,45	627,63	448.774,52 €	931.508,18 €	1.020.000,00 €	127,64	74.671,61 €	2.026.179,79 €	1.867.206,79 €	347.372,89 €	4.689.533,99 €
75	2620,03	635,06	454.085,65 €	917.009,63 €	1.020.000,00 €	128,55	75.200,59 €	2.012.210,22 €	1.889.304,68 €	348.448,04 €	4.704.048,59 €
76	2580,18	642,40	459.335,37 €	903.062,38 €	1.020.000,00 €	129,44	75.721,03 €	1.998.783,41 €	1.911.147,08 €	349.541,27 €	4.718.807,12 €
77	2541,81	649,66	464.525,76 €	889.633,63 €	1.020.000,00 €	130,31	76.233,25 €	1.985.866,89 €	1.933.742,65 €	350.660,82 €	4.733.786,12 €
78	2504,84	656,84	469.668,80 €	876.693,22 €	1.020.000,00 €	131,18	76.737,57 €	1.973.430,79 €	1.954.099,57 €	351.775,13 €	4.748.964,29 €
84	2796,24	620,31	443.638,41 €	978.685,45 €	1.020.000,00 €	127,39	74.524,04 €	2.073.209,49 €	1.845.421,01 €	348.973,51 €	4.711.142,42 €
85	2749,44	628,21	449.188,81 €	962.305,29 €	1.020.000,00 €	128,36	75.092,22 €	2.057.397,52 €	1.868.930,50 €	350.041,35 €	4.725.558,18 €
86	2704,55	636,02	454.769,01 €	946.593,75 €	1.020.000,00 €	129,32	75.650,56 €	2.042.244,31 €	1.892.147,92 €	351.132,90 €	4.740.294,14 €
87	2661,45	643,73	460.281,56 €	931.508,18 €	1.020.000,00 €	130,26	76.199,44 €	2.027.707,63 €	1.915.083,89 €	352.245,85 €	4.755.318,92 €
88	2620,03	651,34	465.728,87 €	917.009,63 €	1.020.000,00 €	131,18	76.739,25 €	2.013.748,88 €	1.937.748,39 €	353.378,09 €	4.770.604,23 €
89	2541,81	658,87	471.113,20 €	903.062,38 €	1.020.000,00 €	132,09	77.270,34 €	2.000.332,72 €	1.960.150,85 €	354.527,74 €	4.786.124,51 €
90	2504,84	666,32	476.456,68 €	889.633,63 €	1.020.000,00 €	132,98	77.793,04 €	1.987.426,68 €	1.982.300,15 €	355.693,08 €	4.801.856,59 €
91	2541,81	673,68	481.701,33 €	876.693,22 €	1.020.000,00 €	133,86	78.307,68 €	1.975.000,90 €	2.004.204,68 €	356.872,55 €	4.817.779,47 €
96	2845,09	627,61	448.760,47 €	995.780,93 €	1.020.000,00 €	129,93	75.420,81 €	2.091.201,74 €	1.867.148,33 €	352.568,84 €	4.759.679,38 €
97	2796,24	635,82	454.626,87 €	962.305,29 €	1.020.000,00 €	130,92	76.010,83 €	2.074.696,28 €	1.891.556,53 €	353.670,37 €	4.774.550,06 €
98	2749,44	643,92	460.418,53 €	946.593,75 €	1.020.000,00 €	131,90	76.599,36 €	2.058.895,66 €	1.915.653,77 €	354.797,44 €	4.789.766,38 €
99	2704,55	651,92	466.138,23 €	931.508,18 €	1.020.000,00 €	132,85	77.159,83 €	2.043.753,56 €	1.939.451,62 €	355.947,47 €	4.805.290,90 €
100	2661,45	659,82	471.788,60 €	917.009,63 €	1.020.000,00 €	133,80	77.719,66 €	2.029.227,84 €	1.962.960,98 €	357.118,19 €	4.821.095,62 €
101	2620,03	667,63	477.372,09 €	903.062,38 €	1.020.000,00 €	134,72	78.270,24 €	2.015.279,87 €	1.986.192,10 €	358.307,52 €	4.837.151,59 €
102	2580,18	675,35	482.891,03 €	889.633,63 €	1.020.000,00 €	135,63	78.815,05 €	2.001.874,30 €	2.009.154,62 €	359.513,60 €	4.853.353,54 €
103	2541,81	682,98	488.347,60 €	876.693,22 €	1.020.000,00 €	136,53	79.345,05 €	1.988.978,68 €	2.031.857,65 €	360.734,71 €	4.869.918,65 €
104	2504,84	690,40	493.743,87 €	863.303,56 €	1.020.000,00 €	137,43	79.868,88 €	1.976.563,18 €	2.054.309,80 €	361.969,39 €	4.886.960,99 €
108	2896,12	634,40	453.616,76 €	1.013.643,06 €	1.020.000,00 €	130,39	76.279,19 €	2.109.919,25 €	1.887.353,79 €	356.071,18 €	4.822.269,33 €
109	2845,09	642,92	459.705,85 €	995.780,93 €	1.020.000,00 €	131,43	76.888,88 €	2.092.669,81 €	1.912.688,53 €	357.205,14 €	4.837.949,88 €
110	2796,24	651,33	465.715,33 €	978.685,45 €	1.020.000,00 €	132,46	77.490,39 €	2.076.175,83 €	1.937.692,06 €	358.366,66 €	4.853.964,71 €
111	2749,44	659,62	471.648,25 €	962.305,29 €	1.020.000,00 €	133,47	78.081,19 €	2.060.386,49 €	1.962.377,03 €	359.552,94 €	4.870.279,74 €
112	2704,55	667,82	477.507,46 €	946.593,75 €	1.020.000,00 €	134,46	78.661,75 €	2.045.255,50 €	1.986.755,32 €	360.761,46 €	4.886.864,33 €
113	2661,45	675,91	483.295,64 €	931.508,18 €	1.020.000,00 €	135,44	79.232,48 €	2.030.440,66 €	2.010.838,08 €	361.989,95 €	4.903.000,00 €

114	2620,03	683,91	489.015,31 €	917.009,63 €	1.020.000,00 €	136,40	79.793,77 €	2.016.803,40 €	2.034.635,81 €	363.236,36 €	4.903.690,89 €
115	2580,18	691,82	494.668,86 €	903.062,38 €	1.020.000,00 €	137,34	80.346,00 €	2.003.408,38 €	2.058.158,39 €	364.498,85 €	4.920.734,48 €
116	2541,81	699,64	500.258,51 €	889.693,63 €	1.020.000,00 €	138,27	80.889,51 €	1.990.523,14 €	2.081.415,16 €	365.775,75 €	4.937.972,56 €
117	2504,84	707,37	505.786,40 €	876.693,22 €	1.020.000,00 €	139,19	81.424,63 €	1.978.117,85 €	2.104.414,92 €	367.065,53 €	4.955.384,70 €
120	2949,51	640,67	458.098,26 €	1.032.328,38 €	1.020.000,00 €	131,78	77.089,38 €	2.129.417,76 €	1.905.999,89 €	359.481,27 €	4.852.997,19 €
121	2896,12	654,51	464.417,16 €	1.032.328,38 €	1.020.000,00 €	133,86	77.725,64 €	2.111.368,70 €	1.932.290,79 €	360.646,13 €	4.868.722,78 €
122	2845,09	658,23	470.651,23 €	995.780,93 €	1.020.000,00 €	133,93	78.349,97 €	2.094.130,90 €	1.958.228,74 €	361.840,87 €	4.884.851,74 €
123	2796,24	666,83	476.803,79 €	978.685,45 €	1.020.000,00 €	134,98	78.962,91 €	2.077.648,36 €	1.983.827,58 €	363.062,38 €	4.901.342,12 €
124	2749,44	675,33	482.877,97 €	962.305,29 €	1.020.000,00 €	136,01	79.564,95 €	2.061.870,24 €	2.009.100,29 €	364.307,88 €	4.918.156,38 €
125	2704,55	682,72	488.876,68 €	948.876,68 €	1.020.000,00 €	137,02	80.156,54 €	2.046.750,28 €	2.034.059,02 €	365.574,88 €	4.932.626,86 €
126	2661,45	692,01	494.802,68 €	931.508,18 €	1.020.000,00 €	138,01	80.738,11 €	2.032.246,29 €	2.058.715,18 €	366.861,13 €	4.952.626,28 €
127	2620,03	700,19	500.658,53 €	917.009,63 €	1.020.000,00 €	138,99	81.310,07 €	2.018.319,70 €	2.083.079,52 €	368.164,62 €	4.970.222,38 €
128	2580,18	708,29	506.446,69 €	903.062,38 €	1.020.000,00 €	139,95	81.872,79 €	2.004.935,17 €	2.107.162,16 €	369.483,52 €	4.988.027,54 €
129	2541,81	716,29	512.169,43 €	889.693,63 €	1.020.000,00 €	140,90	82.426,63 €	1.992.060,26 €	2.130.972,66 €	370.816,19 €	5.006.018,54 €
130	2504,84	724,21	517.828,93 €	876.693,22 €	1.020.000,00 €	141,83	82.971,92 €	1.979.665,14 €	2.154.520,04 €	372.161,13 €	5.024.175,23 €
132	3005,43	646,40	462.195,42 €	1.051.899,32 €	1.020.000,00 €	133,09	77.859,49 €	2.149.758,81 €	1.923.046,85 €	362.800,09 €	4.897.801,16 €
133	2949,51	655,57	468.751,71 €	1.032.328,38 €	1.020.000,00 €	134,22	78.520,29 €	2.130.848,68 €	1.950.325,47 €	363.994,07 €	4.913.919,93 €
134	2896,12	664,61	475.217,56 €	1.013.643,06 €	1.020.000,00 €	135,33	79.168,36 €	2.112.811,43 €	1.978.117,85 €	365.220,54 €	4.930.477,31 €
135	2845,09	673,54	481.596,60 €	995.780,93 €	1.020.000,00 €	136,42	79.804,29 €	2.095.585,22 €	2.003.768,94 €	366.476,06 €	4.947.428,82 €
136	2796,24	682,34	487.892,25 €	978.685,45 €	1.020.000,00 €	137,48	80.428,61 €	2.079.114,05 €	2.029.963,11 €	367.757,55 €	4.964.726,97 €
137	2749,44	691,03	494.107,69 €	962.305,29 €	1.020.000,00 €	138,53	81.041,81 €	2.063.347,11 €	1.977.227,78 €	369.082,27 €	4.982.340,62 €
138	2704,55	699,62	500.245,91 €	948.876,68 €	1.020.000,00 €	139,56	81.644,48 €	2.048.328,13 €	2.081.362,72 €	370.387,49 €	5.000.278,49 €
139	2661,45	708,10	506.309,72 €	931.508,18 €	1.020.000,00 €	140,58	82.236,75 €	2.033.744,94 €	2.106.592,28 €	371.701,75 €	5.018.378,68 €
140	2620,03	716,48	512.301,76 €	917.009,63 €	1.020.000,00 €	141,57	82.819,33 €	2.019.828,96 €	2.131.523,23 €	373.092,32 €	5.036.746,26 €
141	2580,18	724,76	518.224,52 €	903.062,38 €	1.020.000,00 €	142,55	83.392,49 €	2.006.454,87 €	2.156.165,93 €	374.467,63 €	5.055.312,95 €
142	2541,81	732,95	524.080,35 €	889.693,63 €	1.020.000,00 €	143,52	83.956,61 €	1.993.590,25 €	2.180.530,17 €	375.856,04 €	5.074.165,82 €
143	2504,84	741,05	529.871,47 €	876.693,22 €	1.020.000,00 €	144,46	84.512,02 €	1.981.205,24 €	2.204.625,15 €	377.266,15 €	5.092.958,01 €
144	3005,43	661,09	472.699,86 €	1.051.899,32 €	1.020.000,00 €	135,51	79.271,93 €	2.151.171,25 €	1.966.752,46 €	367.249,89 €	4.957.875,45 €
146	2949,51	670,47	479.405,16 €	1.032.328,38 €	1.020.000,00 €	136,66	79.944,72 €	2.132.273,10 €	1.994.651,05 €	368.506,34 €	4.974.835,66 €
147	2896,12	679,22	486.017,96 €	1.013.643,06 €	1.020.000,00 €	137,79	80.604,55 €	2.114.242,79 €	2.022.164,78 €	369.799,43 €	4.992.924,77 €
148	2845,09	688,84	492.541,98 €	995.780,93 €	1.020.000,00 €	138,89	81.252,01 €	2.097.032,94 €	2.049.309,14 €	371.110,72 €	5.009.994,79 €
149	2796,24	697,85	498.980,71 €	978.685,45 €	1.020.000,00 €	139,98	81.887,65 €	2.080.573,10 €	2.076.098,64 €	372.452,20 €	5.028.104,64 €
150	2749,44	706,74	505.337,41 €	962.305,29 €	1.020.000,00 €	141,05	82.511,98 €	2.064.817,28 €	2.102.546,82 €	373.816,12 €	5.046.517,62 €
151	2704,55	715,52	511.615,13 €	948.876,68 €	1.020.000,00 €	142,09	83.125,48 €	2.049.719,23 €	2.128.666,41 €	375.200,06 €	5.065.200,94 €
152	2661,45	724,19	517.816,76 €	931.508,18 €	1.020.000,00 €	143,13	83.728,60 €	2.035.238,78 €	2.154.469,37 €	376.601,83 €	5.083.262,76 €
153	2620,03	732,76	523.944,98 €	917.009,63 €	1.020.000,00 €	144,14	84.321,74 €	2.021.331,37 €	2.179.966,94 €	378.019,46 €	5.103.262,76 €
154	2580,18	741,23	530.002,35 €	903.062,38 €	1.020.000,00 €	145,14	84.905,31 €	2.007.671,99 €	2.205.169,71 €	379.451,18 €	5.122.590,92 €
155	2541,81	749,61	535.991,26 €	889.693,63 €	1.020.000,00 €	146,12	85.479,68 €	1.995.113,29 €	2.230.087,67 €	380.895,38 €	5.142.087,60 €
156	2504,84	757,89	541.914,00 €	876.693,22 €	1.020.000,00 €	147,09	86.045,15 €	1.982.738,37 €	2.254.730,27 €	382.360,61 €	5.161.733,25 €
157	3064,07	666,06	476.251,36 €	1.072.424,99 €	1.020.000,00 €	136,72	79.979,55 €	2.172.404,54 €	1.981.529,11 €	370.414,80 €	5.000.599,80 €
158	3005,43	675,78	483.204,30 €	1.051.899,32 €	1.020.000,00 €	137,91	80.678,11 €	2.152.577,42 €	2.010.458,07 €	371.689,18 €	5.017.938,98 €
159	2949,51	685,37	490.058,61 €	1.032.328,38 €	1.020.000,00 €	139,08	81.362,83 €	2.133.691,21 €	2.038.976,63 €	373.018,12 €	5.036.744,56 €
160	2896,12	694,82	496.818,36 €	1.013.643,06 €	1.020.000,00 €	140,23	82.034,36 €	2.115.677,42 €	2.067.101,77 €	374.367,80 €	5.055.965,36 €
161	2845,09	704,15	503.487,36 €	995.780,93 €	1.020.000,00 €	141,36	82.693,31 €	2.098.474,24 €	2.094.849,35 €	375.744,88 €	5.072.555,82 €
162	2796,24	713,36	510.069,17 €	978.685,45 €	1.020.000,00 €	142,46	83.340,22 €	2.082.025,67 €	2.122.234,16 €	377.146,32 €	5.091.475,32 €
163	2749,44	722,44	516.567,13 €	962.305,29 €	1.020.000,00 €	143,55	83.975,69 €	2.066.280,92 €	2.149.270,08 €	378.569,45 €	5.110.867,09 €
164	2704,55	731,42	522.984,36 €	948.876,68 €	1.020.000,00 €	144,62	84.600,01 €	2.051.193,76 €	2.175.970,11 €	380.011,86 €	5.130.160,09 €
165	2661,45	740,28	529.323,80 €	931.508,18 €	1.020.000,00 €	145,66	85.213,83 €	2.036.722,01 €	2.202.346,47 €	381.471,38 €	5.149.863,66 €
166	2620,03	749,05	535.588,20 €	917.009,63 €	1.020.000,00 €	146,70	85.817,49 €	2.022.827,13 €	2.228.410,65 €	382.946,08 €	5.169.772,05 €
167	2580,18	757,71	541.780,18 €	903.062,38 €	1.020.000,00 €	147,71	86.411,41 €	2.009.473,79 €	2.254.173,48 €	384.434,20 €	5.189.861,69 €
168	2541,81	766,27	547.902,18 €	889.693,63 €	1.020.000,00 €	148,71	86.995,57 €	1.996.629,58 €	2.279.645,17 €	385.934,15 €	5.210.111,99 €
169	2504,84	774,73	553.956,53 €	876.693,22 €	1.020.000,00 €	149,69	87.571,47 €	1.984.264,69 €	2.304.835,39 €	387.444,53 €	5.230.501,14 €

Con todo ello, la alternativa que escogemos más económica y que cumple con los criterios básicos de diseño es **la alternativa 13**.

Alternativa	Lpp(m)	B(m)	D (m)	T (m)
13	55	11,52	7,34	4,57

Ilustración 21: alternativa final

L/B	L/D	T/D	B/D	B/T
4,78	7,50	0,62	1,57	2,52

Ilustración 22: relaciones adimensionales alternativa final

A continuación, calcularemos de nuevo los coeficientes dimensionales del buque para nuestra alternativa final primeramente calculando el número de Froude.

$$Fr = \frac{v}{\sqrt{g * L}}$$

Donde:

- v, es la velocidad de servicio de 12 nudos o 6,173 m/s
- g, la gravedad: 9,81 m/s²
- L, la eslora total entre perpendiculares: 55 m

$$Fr = 0,2657$$

Coeficiente de bloque (CB)

- Fórmula de Alexander (1)

$$CB = 1,08 - 1,68 * Fr$$

$$CB_1 = 0,633$$

- Fórmula de Minorsky

$$CB = 1,22 - 2,38 * Fr$$

$$CB_2 = 0,588$$

- Fórmula de Alexander (2)

$$CB = K - \frac{0,5 * v}{\sqrt{3,28 * Lpp}}$$

Siendo K:

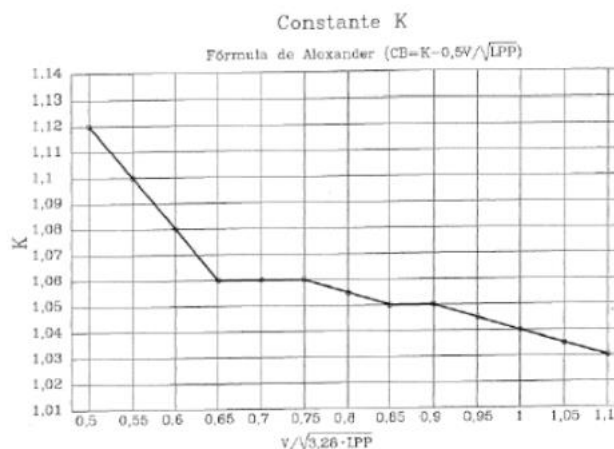


Ilustración 23: valor de K de Alexander

$$\frac{v}{\sqrt{3,28 * Lpp}} = 0,897$$

Por lo tanto, entrando en la gráfica obtenemos un valor de K de:

$$K = 1,05$$

Y su consiguiente coeficiente de bloque:

$$CB_3 = 0,603$$

- Fórmula de Townsin

$$CB = 0,7 + 0,125 * \arctan [25 * (0,23 - Fr)]$$

$$CB_4 = 0,609$$

Haciendo la media entre los cuatro valores hallados anteriormente obtenemos el coeficiente de bloque del buque:

$$CB = 0,608$$

Coeficiente de la maestra

- Fórmula de Tarroja

$$CM = 1 - 2 * Fr^4$$

$$CM_1 = 0,99$$

- Fórmula de Kerlen

$$CM = 1,006 - 0,0056 * CB^{-3,56}$$

$$CM_2 = 0,973$$

- Fórmula de Van Lammeren

$$CM = 0,9 + 0,1 * CB$$

$$CM_3 = 0,961$$

- Fórmula de Hsva

$$CM = \frac{1}{1 + (1 - CB)^{3,5}}$$

$$CM_4 = 0,964$$

De nuevo haciendo la media de los cuatro valores obtenidos anteriormente, obtenemos el coeficiente de la maestra de nuestro buque:

$$CM = 0,972$$

Coeficiente prismático

$$CP = \frac{CB}{CM}$$

$$CP = 0,626$$

Coeficiente de la flotación

- Fórmula de Schneekluth

$$Cf = 0,297 + 0,743 * CB$$

$$Cf_1 = 0,749$$

- Otras fórmulas

$$Cf = 1 - 0,3 * (1 - CP)$$

$$Cf_2 = 0,888$$

$$Cf = CM * CP + 0,1 = CB + 0,1$$

$$Cf_3 = 0,708$$

Haciendo la media entre estos tres valores, obtenemos el coeficiente de flotación de nuestro buque:

$$Cf = 0,782$$

Desplazamiento (Δ)

$$\Delta = 1,025 * L * B * T * CB$$

Sustituyendo los valores antes obtenidos, hallamos un desplazamiento aproximado de nuestro de:

$$\Delta = 1781,5 \text{ ton}$$

Así pues, nos queda un buque de las siguientes dimensiones y características:

Alternativa	Lpp(m)	B(m)	D(m)	T(m)	Fn	CB	CM	CP	Cf	Desplazamiento
13	55	11,52	7,34	4,57	0,2657	0,6	0,97	0,62	0,78	1781,50

Ilustración 24: alternativa final escogida

7. PREDICCIÓN DE POTENCIA

Calculamos una primera estimación y aproximación de la potencia necesaria que deberá llevar a bordo nuestro buque para su propulsión.

Primeramente, obtendremos un cálculo aproximado de la resistencia al avance que tendrá el buque para posteriormente hallar la potencia necesaria para propulsarlo, incluido en el ANEXO I.

El estudio preliminar se realiza a través del software NavCad 2018 como se indicará posteriormente. Este estudio y cálculo es necesario para estimar que motor deberá llevar a bordo el oceanográfico especificando cual será su potencia y peso para la posterior estimación de pesos que haremos.

Los datos que introduciremos en el programa NavCad serán:

- Eslora entre perpendiculares: 55 m
- Manga: 11,5 m
- Calado: 4,6 m
- CB: 0,608
- CM: 0,972
- Cf:0,782
- Superficie mojada (determinada por NavCad): 646 m²
- Velocidad crucero: 12 nudos
- Número de propulsores: 2
- Ángulo medio de entrada (determinado por NavCad): 19,34°
- Porcentaje de los apéndices: 5%
- Buque monocasco de formas redondeadas
- Forma de proa y popa: normales
- Sin bulbo de proa, aunque el buque sí llevará bulbo de proa
- Estampa de popa carece de valores para su cálculo, por lo que no lo rellenaremos.

Todos estos cálculos los hallamos a través de la ITTC-78 barriendos unas velocidades entre los 8,5 y los 14 nudos de velocidad máxima, con un margen de diseño pedido por NavCad que introducimos un 8% de casco más apéndices.

Con todo, obtenemos un valor de resistencia al avance para la velocidad crucero de 12 nudos de:

$$\mathbf{R_{avance} = 76,42 \text{ kN}}$$

- Potencia efectiva

$$EHP = R_{avance} * velocidad$$

$$\mathbf{EHP = 917,04 \text{ CV}}$$

- SHP

$$SHP = EHP / \eta_{le}$$

$$SHP = 917,04 / 0,96$$

$$\mathbf{SHP = 955,25 \text{ CV}}$$

- BHP

$$BHP = SHP / 0,9$$

$$\mathbf{BHP = 1061,39 \text{ CV}}$$

Pasando los BHP de CV a kW:

$$\mathbf{BHP = 791,47 kW}$$

8. ESTUDIO PRELIMINAR DE PESOS

A continuación, vamos a realizar una primera estimación de los pesos del buque. Teniendo en cuenta que el desplazamiento es:

$$\Delta = PR + PM$$

8.1. Cálculo del peso en rosca

Calculamos el peso en rosca como:

$$\text{Peso en rosca} = \text{Peso de acero} + \text{Peso de los equipos} + \text{Peso de la maquinaria}$$

$$PR = PS + PEr + PMaq$$

8.1.1. Peso de acero (PS)

Calculamos el peso del acero del buque según la formulación del libro *Proyecto de buques y artefactos*, y asemejando el buque oceanográfico a un buque de suministro a plataformas petrolíferas ya que son ambos parecidos:

$$PS = 0,14 * L * B * D$$

$$PS_1 = 646,41 \text{ ton}$$

Ahora empleamos la fórmula utilizada para el cálculo de costes:

$$PS = 0,045 * L * B * D * \left(\frac{L}{D}\right)^{1/2}$$

$$PS_2 = 570,31 \text{ ton}$$

Haciendo la media entre estos dos valores, obtenemos un peso en acero de:

$$PS = 608,36 \text{ ton}$$

8.1.2. Peso de los equipos (PEr)

Empleando el mismo tipo de formulación que para el cálculo del peso de acero de nuestro buque, hallamos el peso de los equipos restantes, primero a través de la formulación del libro y posteriormente de la formulación utilizada para el cálculo de costes:

$$PEr = 0,045 * L * B * D$$

$$PEr_1 = 207,77 \text{ ton}$$

$$PEr = 0,05 * L^{1,3} * B^{0,8} * D^{0,3}$$

$$PEr_2 = 117,22 \text{ ton}$$

Hallado la media entre estos dos valores:

$$PEr = 162,5 \text{ ton}$$

8.1.3. Peso de la maquinaria (PMaq)

Calculamos el peso de la maquinaria primeramente con la fórmula del libro:

$$PMaq = 0,03 * BHP(CV)$$

Introduciendo los BHP calculados en primera aproximación del buque utilizando la fórmula del Almirantazgo como hemos explicado anteriormente y que da un valor de 2572,56 kW y que al pasarlo a CV nos da 3449,86 CV:

$$PMaq_1 = 103,5 \text{ ton}$$

Ahora, hallamos el peso de la maquinaria obtenido tras realizar los cálculos con NavCad que hemos hecho anteriormente:

$$Ravance = 76,42 \text{ kN}$$

$$BHP = 791,47 \text{ kW}$$

Con estos BHP, calculamos de nuevo el peso de maquinaria (PMaq) mediante la fórmula:

$$PMaq = \frac{BKW * (895 - 0,0025 * BKW)}{10000}$$

$$PMaq_2 = 70,68 \text{ t}$$

Haciendo la media entre estos dos valores, para hallar un peso de la maquinaria más aproximado, obtenemos un peso de maquinaria final de:

$$PMaq = 87,08 \text{ t}$$

Por lo tanto, el peso en rosca total nos queda:

$$Peso \text{ en Rosca} = 857,93 \text{ t}$$

8.2. Peso muerto

Siguiendo el libro de Fernando Junco "Proyectos de Buques y Artefactos Oceánicos. Cálculo del Desplazamiento", el peso muerto del buque, (PM) o por sus siglas en inglés (DW) correspondientes a deadweight, se compone por el peso de la carga, el peso de los tanques de consumo, como el de combustible, el peso de la tripulación y los científicos a bordo del oceanográfico y los pertrechos.

8.2.1. Peso de los consumos

Los consumos se desglosan en combustible, aceite, agua dulce (agua de alimentación y agua potable) y víveres para la tripulación.

➤ Combustible

Para motores diésel semirrápidos, el consumo de combustible es el siguiente:

$$140 - 160 \frac{g}{BHP} \text{ por hora}$$

Mediante la autonomía y la velocidad que llevará el buque a la mayoría de su vida útil, que será la velocidad crucero calculada de 12 nudos, calculamos el peso de combustible que tendrá nuestro buque:

Con una autonomía de 40 días que equivalen a 960 horas, para alimentar los 791,47 kW (BHP) que deberá montar el buque como mínimo para su propulsión:

$$Peso \text{ combustible} = 150 \frac{g}{kW * hora} * 791,47 \text{ kW} * 960 \text{ horas} * 10^{-6}$$

$$Peso \text{ combustible} = 113,97 \text{ t}$$

Se considerará un 25% más del peso del combustible calculado anteriormente para el combustible de los motores de los grupos electrógenos:

$$\text{Peso combustible total} = 142,46 \text{ t}$$

➤ Aceites

Para el peso de los aceites se tiene en cuenta los diferentes aceites utilizados en el buque: aceite para los motores principales, para los motores auxiliares y grupos electrógenos y el aceite hidráulico.

Estimamos que el peso del aceite de servicio de los sistemas anteriormente descritos es de un 3 % del peso total de combustible, por lo tanto:

$$\text{Peso aceite} = 4,27 \text{ t}$$

➤ Agua dulce

El agua dulce se emplea a bordo para servicios tales como el sistema de refrigeración de agua dulce, sistemas sanitarios y el servicio de agua potable para la tripulación y los científicos.

Siguiendo la norma ISO 15748-2 “Ships and Marine technology – Potable water supply on ships and marine structures” se establece un consumo medio de 175 L por cama al día para buques de investigación.

Teniendo en cuenta la autonomía de 40 días y 30 personas que llevará a bordo el buque, la capacidad de los tanques de agua dulce deberá ser de al menos:

$$\text{Agua dulce} = 210.000 \text{ L}$$

Sin embargo, el buque contará a bordo con una planta desalinizadora de agua por ósmosis inversa, por lo que se puede estimar el agua dulce hasta un 50% menos a la norma ISO 15748-2, por lo que el agua dulce total a bordo será de:

$$\text{Agua dulce} = 105.000 \text{ L}$$

Correspondientes a:

$$\text{Peso agua dulce} = 105 \text{ t}$$

Para los sistemas de refrigeración y otros sistemas en los que se requiera agua dulce, estimaremos un 10% del agua dulce necesaria para los pasajeros y que es igual a 10,5 toneladas. Por lo que el peso total de agua dulce será de:

$$\text{Peso agua dulce total} = 115,5 \text{ t}$$

➤ Víveres

Con relación a los víveres y la comida que debe llevar a bordo el buque, estimamos un consumo medio por persona de 5 kg de comida al día. Esto sumado a la autonomía del buque y aplicando un margen del 20%, obtenemos un peso en víveres de:

$$\text{Peso víveres} = 6 \text{ t}$$

Por lo tanto, el peso total de los consumos a bordo del buque es de:

$$\text{Peso consumos} = 268,23 \text{ t}$$

8.2.2. Peso de tripulación y científicos

Se estima el peso de cada persona a bordo (tripulación más científicos) en 150 kg por persona:

$$\text{Peso tripulación y científicos} = 4,5 \text{ t}$$

8.2.3. Peso de la carga

La carga que llevará a bordo el buque no es muy elevada, pero debemos tener en cuenta el robot submarino que llevará a bordo y las dos Zodiacs a disposición del personal entre otros equipos:

➤ ROV

Peso del ROV estimado en 1 tonelada.

➤ Zodiacs

Peso total de las 2 Zodiacs estimado en 1,2 toneladas.

$$\mathbf{Peso\ carga = 2,2\ t}$$

8.2.4. Peso de los pertrechos

El peso de los pertrechos se estima entre 10 y 100 toneladas dependiendo del tamaño del buque y del armador. Estimamos un peso de:

$$\mathbf{Peso\ pertechos = 40\ t}$$

8.2.5. Peso muerto final

Sumando las cantidades de los pesos anteriormente expuestas, obtenemos un peso muerto total estimado para el oceanográfico de:

$$\mathbf{Peso\ muerto = 430,43\ t}$$

8.3. Cálculo del Desplazamiento

El desplazamiento final, suma del peso muerto más el peso en rosca, es de:

$$\mathbf{Desplazamiento = 1288,36\ t}$$

Este valor de desplazamiento es relativamente inferior al calculado anteriormente en la selección de la alternativa final de 1781,5 toneladas.

La diferencia puede radicar en una infraestimación del peso de los consumos, además del peso en rosca como el peso de la maquinaria a bordo o el peso del acero que finalmente siempre es mayor a la estimación.

Este último valor es más parecido a los buques de la base de datos, y es la estimación que se usará de aquí en adelante:

$$\mathbf{Desplazamiento\ final = 1781,5\ t}$$

9. ESTUDIO DEL FRANCOBORDO

A continuación, procedemos a hacer un cálculo preliminar y aproximado del francobordo para garantizar la reserva de flotabilidad del buque. Para ello, empleamos el “Convenio Internacional de Líneas de Carga de 1966 y Protocolo de 1988”.

9.1. Regla 3. Definición de términos.

- Eslora (L): se tomará como eslora (L) el 96% de la eslora total medida en una flotación cuya distancia al canto alto de la quilla sea igual al 85% del puntal mínimo de trazado, o la eslora medida en esa flotación desde la cara proel de la roda hasta el eje de la mecha del timón, si esta segunda magnitud es mayor.
En nuestro caso para una eslora total de 61,78 m:

- Puntal mínimo de trazado (D1): 7,3 m
- 85 % del puntal mínimo de trazado (D2): 6,2 m
- La eslora (L1) será: $L1 = L(D2) \times 0,96$

$$L1 = 59,31 \text{ m}$$

- La eslora (L2) será:

$$L2 = L_{pp} (D2) = 55 \text{ m}$$

Por lo tanto, la eslora de francobordo será de:

$$L = 59,3 \text{ m}$$

- Manga (B): será la manga máxima del buque, medida en el centro del mismo hasta la línea de trazado de la cuaderna.

$$B = 11,5 \text{ m}$$

- Puntal de trazado (Dt): será la distancia vertical medida desde el canto alto de la quilla hasta el canto alto del bao de cubierta de francobordo en el costado.

$$Dt = 7,3 \text{ m}$$

- Puntal de trazado (Dfb): será el puntal de trazado en el centro del buque más el espesor de la cubierta de francobordo en el costado:

$$Dfb = 7,31 \text{ m}$$

- Coefficiente de bloque (CB): dado por la fórmula:

$$CB = \frac{\text{Volumen de desplazamiento al puntal de trazado del buque}}{L \times B \times 0,85 \times Dt}$$

$$CB = 0,608$$

- Superestructura: construcción cubierta dispuesta encima de la cubierta de francobordo, que se extiende de banda a banda del buque o cuyo forro lateral no esté separado del forro del costado más de un 4% de la manga. Se considerará como superestructura los espacios sobre la cubierta de francobordo hasta la cubierta superior.
- Cubierta de francobordo: esta cubierta será la más alta expuesta a la intemperie, dotada de medios permanentes de cierre en todas las aberturas y bajo la cual todas las aberturas en los costados están dotadas de medios permanentes de cierre estancos.
- Longitud de las superestructuras (S): longitud media de la parte de superestructura situada dentro de la eslora (L).

9.2. Cálculo del francobordo

Según lo dispuesto en la Regla 27, nuestro oceanográfico Mar Aurora es un buque de tipo B.

Cálculo del francobordo tabular

Para calcular el francobordo tabular, y teniendo en cuenta que nuestro buque es de tipo B, hallamos el francobordo tabular a través de la tabla 28.2 de la Regla 28.

$$\text{Francobordo tabular} = 563 \text{ mm}$$

9.2.1. Corrección para buques con eslora menor a 100 m (regla 29)

El francobordo tabular para buques de tipo 'B', de eslora comprendida entre 24 m y 100 m con superestructuras cerradas de una longitud efectiva de hasta el 35% de la eslora, se incrementará en la siguiente cantidad:

$$\text{Corrección} = 7,5 \times (100 - L) \times \left(0,35 - \frac{E}{L}\right) \text{ mm}$$

Con una longitud efectiva de la superestructura (E) de 17 metros y que es menor al 35% de la eslora:

$$\text{Corrección por eslora menor a 100 m} = 20 \text{ mm}$$

9.2.2. Corrección por coeficiente de bloque (regla 30)

Debido a que el coeficiente de bloque es menor a 0,68, el francobordo tabular especificado en la regla 28, no es modificado.

9.2.3. Corrección por puntal (regla 31)

Cuando D exceda de $\left(\frac{L}{15}\right)$, el francobordo se aumentará en $\left(D - \frac{L}{15}\right) \times R$ mm, siendo $R = \frac{L}{0,48}$ para esloras inferiores a 120 m:

$$R = 123,54 \text{ mm}$$

$$\text{Corrección por puntal} = 415 \text{ mm}$$

9.2.4. Corrección por superestructuras

- Altura normal de las superestructuras (regla 33)
Para la eslora de 59,3 m, la altura normal de superestructura será de 1,8 m.
- Longitud de las superestructuras (regla 34)
La longitud de la superestructura será de 17 m.
- Longitud efectiva de la Superestructura (Regla 35)
La longitud efectiva de la superestructura cerrada de altura normal será su longitud real.
- Reducción por superestructura (regla 37)
Cuando la longitud efectiva de la superestructura es inferior a L, la reducción será un porcentaje obtenido de la tabla siguiente:

Porcentaje de reducción para buques de los tipos 'A' y 'B'

	Longitud efectiva total de superestructuras y troncos										
	0	0,1 L	0,2 L	0,3 L	0,4 L	0,5 L	0,6 L	0,7 L	0,8 L	0,9 L	1 L
Porcentaje de reducción para todos los tipos de superestructuras	0	7	14	21	31	41	52	63	75,3	87,7	100

Ilustración 25: porcentaje de reducción para buques de los tipos 'A' y 'B'

Por lo tanto, el porcentaje de reducción será de:

Porcentaje de reducción = 20,06

Reducción arrufo = -121 mm

➤ Corrección por arrufo (regla 38)

El arrufo real del buque es 0, ya que la cubierta carece de arrufo. Por lo tanto, calcularemos el arrufo normal siguiendo la tabla:

Curva de arrufo normal
(L en m)

	Situación	Ordenada (en mm)	Factor
Mitad de popa	Perpendicular de popa	$25 \left(\frac{L}{3} + 10 \right)$	1
	$\frac{1}{6}$ L desde la P. de Pp.	$11,1 \left(\frac{L}{3} + 10 \right)$	3
	$\frac{1}{3}$ L desde la P. de Pp.	$2,8 \left(\frac{L}{3} + 10 \right)$	3
	Centro del buque	0	1
Mitad de proa	Centro del buque	0	1
	$\frac{1}{3}$ L desde la P. de Pr.	$5,6 \left(\frac{L}{3} + 10 \right)$	3
	$\frac{1}{6}$ L desde la P. de Pr.	$22,2 \left(\frac{L}{3} + 10 \right)$	3
	Perpendicular de proa	$50 \left(\frac{L}{3} + 10 \right)$	1

Tabla 38.1

Ilustración 26: tabla para el cálculo del arrufo normal

Por lo tanto:

Situación	Ordenada (mm)	Factor	Producto		
Perpendicular de popa	744	1	744	Mitad de popa	1983
$\frac{1}{6}$ L desde Ppp	330	3	990		
$\frac{1}{3}$ L desde Ppp	83	3	249		
Amidships	0	1	0		
$\frac{1}{3}$ L desde Ppr	167	3	501	Mitad de proa	3972
$\frac{1}{6}$ L desde Ppr	661	3	1983		
Perpendicular de proa	1488	1	1488		

Ilustración 27: arrufo normal

Debido a esto, el buque tendrá un defecto de arrufo de -371 mm.

Por lo tanto, la corrección por arrufo final será de:

$$\text{Corrección por arrufo} = (-\text{Defecto de arrufo}) \times \left(0,75 - \frac{S}{2xL} \right)$$

Corrección por arrufo = 226 mm

Finalmente, obtenemos el francobordo de nuestro buque a través de todas las correcciones realizadas anteriormente y que añadimos o restamos al cálculo del francobordo tabular hecho previamente:

REGLA	Descripción	CORRECCIÓN mm
R-28	Francobordo Tabular	563
R-29	Eslora menor de 100m	20
R-30	Coficiente de bloque	No aplica
R-31	Puntal	415
R-32.1	Posición Línea de cubierta	No aplica
R-37	Altura Superestructuras	-121
R-38	Arrufo	226
Suma		1103

Ilustración 28: resumen francobordo

Como el calado a tener en cuenta es el calado de proyecto de 4780 mm, el francobordo nos queda:

Francobordo de verano	2764	mm
Calado de verano	4780	mm
Calado tropical	2530	mm
Calado de invierno	2864	mm
Calado de invierno A.N.	2914	mm
Agua dulce	1097	mm

Ilustración 29: francobordos

10. ESPECIFICACIONES

Buque oceanográfico dedicado a la exploración del fondo marino, así como a estudios de oceanografía, salinidad, características físicas y químicas del mar en el entorno Antártico y estudio de la fauna y flora marina y terrestre de la zona para su conservación y protección.

- Eslora entre perpendiculares: 55 m
- Manga: 11,5 m
- Puntal: 7,3 m
- Calado: 4,6 m
- Clasificación:

El buque llevará a bordo un total de 30 personas entre tripulación y científicos.

- 1 capitán
- 2 oficiales
- 1 jefe de máquinas
- 1 ingeniero
- 2 cocineros
- 1 operador de grúa
- 2 marineros
- 20 científicos especializados en diferentes áreas

Además, el buque contará a bordo con:

- 1 laboratorio de hidrografía
- 1 laboratorio de oceanografía
- 1 laboratorio húmedo y seco
- 1 laboratorio biológico
- 1 estación meteorológica
- 1 sonda multihaz
- 1 ROV
- 2 zodiacs
- Helipuerto

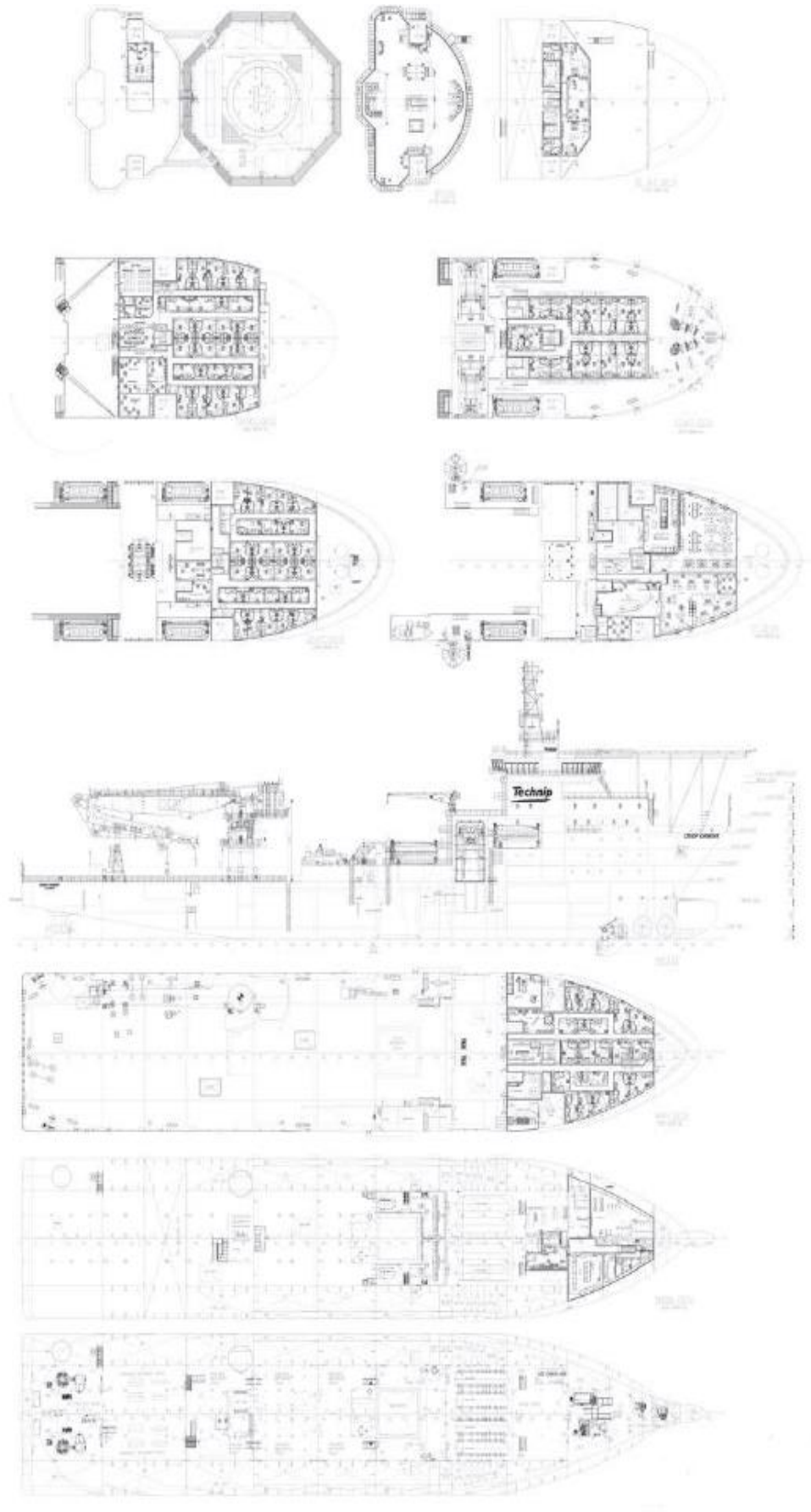
Debido a las operaciones que deberá realizar el buque, el nivel de vibraciones y ruidos que emita deberá ser mínimo para los estudios que se realizarán a bordo. Es por ello por lo que es de vital importancia hacer un estudio y análisis de las vibraciones y ruidos que se producirán a bordo.

10.1. Clasificación y reglamentos de especificación

El buque cumplirá con:

- Convenio Internacional para la Seguridad de la Vida Humana en el Mar: SOLAS 1974.
- Convenio Internacional para prevenir la contaminación por los buques: MARPOL 1973.
- NORMA ISO UNE-EN 15748 Embarcaciones y tecnología marina. Suministro de agua potable en buques y estructuras marinas.
- Normas sobre niveles de ruidos de IMO.
- Convenio Internacional de Líneas de Carga 1966.
- Convenio Internacional sobre Arqueo de Buques, 1969.

11. CROQUIS Y DISPOSICIÓN GENERAL PRELIMINAR



12. BIBLIOGRAFÍA

- Libro: “*Proyectos de buques y artefactos oceánicos. Selección de configuración: dimensiones coeficientes*”, Fernando Junco Ocampo. Ingeniería Naval y Oceánica, Universidade da Coruña, Escola Politécnica Superior.
- Apuntes de asignatura “*Proyecto de buques y artefactos marinos I*”, Vicente Díaz Casás, Basilio Puente Varela, Ingeniería Naval y Oceánica, Universidade da Coruña, Escola Politécnica Superior.
- Libro: “*Proyectos de buques y artefactos oceánicos. Cálculo del desplazamiento*”, Fernando Junco Ocampo. Ingeniería Naval y Oceánica, Universidade da Coruña, Escola Politécnica Superior.
- Revistas Significant Small Ships
- Páginas web:
 - <https://freishipyard.com/buque/oceanograficos-offshore>
 - <https://www.marinetraffic.com/>
 - <http://www.utm.csic.es/es/instalaciones/sdq/caracteristicas/allpages>
 - <https://sectormaritimo.es/ficha-buque-offshore-deep-orient>
 - <https://vadebarcos.net/2017/12/16/el-buque-oceanografico-polar-bap-carrasco/>
 - <https://vadebarcos.net/2017/10/14/el-buque-investigador-rv-dr-fridtjof-nansen/>
 - <https://europa-azul.es/armon-buque-oceanografico/>

ANEXO I

CÁLCULO NAVCAD PREDICCIÓN DE POTENCIA

Resistance

2 abr 2021 01:50
HydroComp NavCad 2018

Project ID Oceanográfico Mar Aurora
Description
File name Oceanografico Mar Aurora.hcnc

Analysis parameters

Vessel drag		ITTC-78 (CT)	Added drag	
Technique:	[Calc]	Prediction	Appendage:	[Calc] Percentage
Prediction:		Holtrop	Wind:	[Calc] Taylor
Reference ship:			Seas:	[Off]
Model LWL:			Shallow/channel:	[Off]
Expansion:		Standard	Towed:	[Off]
Friction line:		ITTC-57	Margin:	[Calc] Hull + added drag [8%]
Hull form factor:	[On]	1,281	Water properties	
Speed corr:	[On]		Water type:	Salt
Spray drag corr:	[Off]		Density:	1026,00 kg/m3
Corr allowance:		ITTC-78 (v2008)	Viscosity:	1,18920e-6 m2/s
Roughness [mm]:	[On]	0,15		

Prediction method check [Holtrop]

Parameters	FN [design]	CP	LWL/BWL	BWL/T	Lambda
Value	0,27	0,63	4,80	2,40	0,77
Range	0,06-0,40	0,55-0,85	3,90-14,90	2,10-4,00	0,01-1,01

Prediction results

SPEED [kt]	SPEED COEFS		ITTC-78 COEFS							
	FN	FV	RN	CF	[CV/CF]	CR	dCF	CA	CT	
8,50	0,188	0,399	2,02e8	0,001886	1,272	0,000224	0,000000	0,000687	0,003309	
9,00	0,199	0,423	2,14e8	0,001871	1,269	0,000347	0,000000	0,000686	0,003408	
9,50	0,210	0,446	2,26e8	0,001858	1,266	0,000516	0,000000	0,000685	0,003552	
10,00	0,222	0,470	2,38e8	0,001845	1,261	0,000741	0,000000	0,000684	0,003752	
10,50	0,233	0,493	2,50e8	0,001832	1,257	0,001017	0,000000	0,000683	0,004002	
11,00	0,244	0,517	2,62e8	0,001821	1,251	0,001337	0,000000	0,000681	0,004295	
11,50	0,255	0,540	2,74e8	0,001810	1,244	0,001732	0,000000	0,000680	0,004664	
+ 12,00 +	0,266	0,564	2,86e8	0,001800	1,237	0,002264	0,000000	0,000678	0,005169	
13,00	0,288	0,611	3,09e8	0,001780	1,220	0,003721	0,000000	0,000675	0,006568	
14,00	0,310	0,658	3,33e8	0,001763	1,200	0,004963	0,000000	0,000671	0,007751	
RESISTANCE										
SPEED [kt]	RBARE [kN]	RAPP [kN]	RWIND [kN]	RSEAS [kN]	RCHAN [kN]	RTOWED [kN]	RMARGIN [kN]	RTOTAL [kN]		
8,50	20,97	1,05	1,11	0,00	0,00	0,00	1,85	24,98		
9,00	24,21	1,21	1,25	0,00	0,00	0,00	2,13	28,80		
9,50	28,12	1,41	1,39	0,00	0,00	0,00	2,47	33,39		
10,00	32,90	1,65	1,54	0,00	0,00	0,00	2,89	38,98		
10,50	38,70	1,94	1,70	0,00	0,00	0,00	3,39	45,72		
11,00	45,58	2,28	1,86	0,00	0,00	0,00	3,98	53,70		
11,50	54,09	2,70	2,04	0,00	0,00	0,00	4,71	63,54		
+ 12,00 +	65,28	3,26	2,22	0,00	0,00	0,00	5,66	76,42		
13,00	97,36	4,87	2,60	0,00	0,00	0,00	8,39	113,21		
14,00	133,25	6,66	3,02	0,00	0,00	0,00	11,43	154,36		
EFFECTIVE POWER										
SPEED [kt]	PEBARE [kW]	PETOTAL [kW]	CTLR	CTLT	RBARE/W					
8,50	91,7	109,2	0,00217	0,03210	0,00114					
9,00	112,1	133,4	0,00337	0,03306	0,00131					
9,50	137,4	163,2	0,00501	0,03446	0,00153					
10,00	169,3	200,5	0,00719	0,03639	0,00179					
10,50	209,0	247,0	0,00987	0,03882	0,00210					
11,00	258,0	303,9	0,01297	0,04167	0,00247					
11,50	320,0	375,9	0,01680	0,04524	0,00294					
+ 12,00 +	403,0	471,8	0,02197	0,05014	0,00354					
13,00	651,1	757,1	0,03610	0,06371	0,00528					
14,00	959,7	1111,7	0,04815	0,07519	0,00723					

Resistance

2 abr 2021 01:50

HydroComp NavCad 2018

Project ID Oceanográfico Mar Aurora

Description

File name Oceanografico Mar Aurora.hcnc

Hull data

General		Planing	
Configuration:	Monohull	Proj chine length:	0,000 m
Chine type:	Round/multiple	Proj bottom area:	0,000 m ²
Length on WL:	55,000 m	LCG fwd TR:	[XCG/LP 0,000] 0,000 m
Max beam on WL:	[LWL/BWL 4,795] 11,470 m	VCG below WL:	0,000 m
Max molded draft:	[BWL/T 2,400] 4,780 m	Aft station (fwd TR):	0,000 m
Displacement:	[CB 0,607] 1878,96 t	Deadrise:	0,00 deg
Wetted surface:	[CS 2,035] 646,000 m ²	Chine beam:	0,000 m
ITTC-78 (C1)		Chine ht below WL:	0,000 m
LCB fwd TR:	[XCB/LWL 0,500] 27,500 m	Fwd station (fwd TR):	0,000 m
LCF fwd TR:	[XCF/LWL 0,500] 27,500 m	Deadrise:	0,00 deg
Max section area:	[CX 0,963] 52,822 m ²	Chine beam:	0,000 m
Waterplane area:	[CWP 0,722] 455,546 m ²	Chine ht below WL:	0,000 m
Bulb section area:	0,000 m ²	Propulsor type:	Propeller
Bulb ctr below WL:	0,000 m	Max prop diameter:	0,0 mm
Bulb nose fwd TR:	0,000 m	Shaft angle to WL:	0,00 deg
Imm transom area:	[ATR/AX 0,000] 0,000 m ²	Position fwd TR:	0,000 m
Transom beam WL:	[BTR/BWL 0,000] 0,000 m	Position below WL:	0,000 m
Transom immersion:	[TTR/T 0,000] 0,000 m	Transom lift device:	Flap
Half entrance angle:	19,34 deg	Device count:	0
Bow shape factor:	[AVG flow] 0,0	Span:	0,000 m
Stern shape factor:	[WL flow] 1,0	Chord length:	0,000 m
		Deflection angle:	0,00 deg
		Tow point fwd TR:	0,000 m
		Tow point below WL:	0,000 m

Report I020210402-1350

HydroComp NavCad 2018 18.04.0073.0630 U1002

Resistance

2 abr 2021 01:50
HydroComp NavCad 2018

Project ID Oceanográfico Mar Aurora
Description
File name Oceanografico Mar Aurora.hcnc

Appendage data

General		Skeg/Keel	
Definition:	Percentage	Count:	0
Percent of hull drag:	5,00 %	Type:	Skeg
Planing influence		Mean length:	0,000 m
LCE fwd TR:	0,000 m	Mean width:	0,000 m
VCE below WL:	0,000 m	Height aft:	0,000 m
Shafting		Height mid:	0,000 m
Count:	2	Height fwd:	0,000 m
Max prop diameter:	0,0 mm	Projected area:	0,000 m2
Shaft angle to WL:	0,00 deg	Wetted surface:	0,000 m2
Exposed shaft length:	0,000 m	Stabilizer	
Shaft diameter:	0,000 m	Count:	0
Wetted surface:	0,000 m2	Root chord:	0,000 m
Strut bossing length:	0,000 m	Tip chord:	0,000 m
Bossing diameter:	0,000 m	Span:	0,000 m
Wetted surface:	0,000 m2	T/C ratio:	0,000
Hull bossing length:	0,000 m	LE sweep:	0,00 deg
Bossing diameter:	0,000 m	Wetted surface:	0,000 m2
Wetted surface:	0,000 m2	Projected area:	0,000 m2
Strut (per shaft line)		Dynamic multiplier:	1,00
Count:	0	Bilge keel	
Root chord:	0,000 m	Count:	0
Tip chord:	0,000 mm	Mean length:	0,000 m
Span:	0,000 m	Mean base width:	0,000 m
T/C ratio:	0,000	Mean projection:	0,000 m
Projected area:	0,000 m2	Wetted surface:	0,000 m2
Wetted surface:	0,000 m2	Tunnel thruster	
Exposed palm depth:	0,000 m	Count:	0
Exposed palm width:	0,000 m	Diameter:	0,000 m
Rudder		Sonar dome	
Count:	0	Count:	0
Rudder location:	Behind propeller	Wetted surface:	0,000 m2
Type:	Balanced foil	Miscellaneous	
Root chord:	0,000 m	Count:	0
Tip chord:	0,000 m	Drag area:	0,000 m2
Span:	0,000 m	Drag coef:	0,00
T/C ratio:	0,000		
LE sweep:	0,00 deg		
Projected area:	0,000 m2		
Wetted surface:	0,000 m2		

Environment data

Wind		Seas	
Wind speed:	0,00 kt	Significant wave ht:	0,000 m
Angle off bow:	0,00 deg	Modal wave period:	0,0 sec
Gradient correction:	Off	Shallow/channel	
Exposed hull		Water depth:	0,000 m
Transverse area:	69,727 m2	Type:	Shallow water
VCE above WL:	4,000 m	Channel width:	0,000 m
Profile area:	308,550 m2	Channel side slope:	0,00 deg
Superstructure		Hull girth:	0,000 m
Superstructure shape:	Motor yacht		
Transverse area:	65,780 m2		
VCE above WL:	7,000 m		
Profile area:	308,550 m2		

Report ID:00210403-1350

HydroComp NavCad 2018 18.04.0073.0839 U1002

Resistance

2 abr 2021 01:50
HydroComp NavCad 2018

Project ID Oceanográfico Mar Aurora
Description
File name Oceanografico Mar Aurora.hcnc

Symbols and values

SPEED = Vessel speed
 FN = Froude number [LWL]
 FV = Froude number [VOL]
 RN = Reynolds number [LWL]
 CF = Frictional resistance coefficient
 CV/CF = Viscous/frictional resistance coefficient ratio [dynamic form factor]
 CR = Residuary resistance coefficient
 dCF = Added frictional resistance coefficient for roughness
 CA = Correlation allowance [dynamic]
 CT = Total bare-hull resistance coefficient
 RBARE = Bare-hull resistance
 RAPP = Additional appendage resistance
 RWIND = Additional wind resistance
 RSEAS = Additional sea-state resistance
 RCHAN = Additional shallow/channel resistance
 RTOWED = Additional towed object resistance
 RMARGIN = Resistance margin
 RTOTAL = Total vessel resistance
 PEBARE = Bare-hull effective power
 PETOTAL = Total effective power
 CTRL = Telfer residuary resistance coefficient
 CRTL = Telfer total bare-hull resistance coefficient
 RBARE/W = Bare-hull resistance to weight ratio
 + = Design speed indicator
 * = Exceeds parameter limit

ANEXO II

BUQUES BASE DE DATOS

FREIRE NC-723



BUQUE INVESTIGACION OCEANOGRAFICA/ OCEANOGRAPHIC RESEARCH
ARMADOR / OWNER: LA DÉFENSE (MINISTERIO DE DEFENSA BELGA)

CARACTERISTICAS PRINCIPALES

Eslora total: 71,40 m
Eslora entre p.p.: 68,73 m
Manga total: 16,80 m
Puntal a Cbta. 3: 5,80 m
Calado de escantillonado: 5,00 m

TRIPULACIÓN: 40 personas

CAPACIDADES:

Combustible: 289 m³
Agua potable: 54 m³

CLASIFICACIÓN

⊕1A, ICE(1C), SPS, ED, DYNPOS(AUTR), COMF-V(2), COMF-C(2), BWM-T, TMON, Silent(R), NAUT(AW)

VELOCIDAD Min. en pruebas: 13 nudos

AUTONOMIA: 30 días

MAIN PARTICULAR

Length o.a: 71.40 m
Length between p.p: 68.73 m
Beam Overall: 16.80 m
Depth to deck 3: 5.80 m
Scantling draught approx.: 5.00 m

COMPLEMENT 40 persons

CAPACITIES

Fuel Capacity: 289 m³
Fresh Water Capacity: 54 m³

CLASS NOTATION

⊕1A, ICE(1C), SPS, ED, DYNPOS(AUTR), COMF-V(2), COMF-C(2), BWM-T, TMON, Silent(R), NAUT(AW)

SPEED min. at sea trials 13 knots

ENDURANCE 30 days



FREIRE NC-661

Janan



Buque de Investigación Multipropósito

ARMADOR: UNIVERSIDAD DE QATAR

CARACTERÍSTICAS

Eslera total	42,80 m.
Eslera entre perpendiculares	36,00 m.
Manga de trazado	10,00 m.
Puntal a cota superior	6,30 m.
Puntal a cota ppal	3,90 m.
Calado de proyecto (max)	3,30 m.
Calado de escantillones(trazado)	3,90 m.

CAPACIDADES

Fuel oil	aprox. 240 m³
Agua dulce	aprox. 45 m³
Agua de lastre	aprox. 50 m³
Acéle lubrica	aprox. 12 m³

CLASIFICACION: LR # 100A1, UMS, DP 1, COMF-C(3)-V(3), LMC

VELOCIDAD	14 nudos
TRIPULACION:	hasta 30 personas

POTENCIA

Motor ppal	2 x 1600 kW 1000 rpm
Motores auxiliares	3 x 250 kW
PTI	2 x 160 kW

HELICES PROPULSORAS Y TRANSVERSALES

2 X Hélices de paso variable de 4 palas, 2300 mm diámetro
1 X 200 kW (popa) y 1 x 250 kW (proa)

EQUIPO CIENTIFICO ACUSTICO

Medidor de temosalinidad y del flujo continuo de agua salada
Posicionamiento dinámico
Sonda multi haz de alta resolución
Perfilador de corrientes acústico
Sonar biológico y perfilador del fondo marino
Medidor de la velocidad del sonido en la superficie
ROV y posicionamiento acústico
Sistema de referencia y actitud

MAQUINILLAS DE USO CIENTIFICO

Chigré de maniobra de la CTD
Maquinilla para extracción de muestras de Plancton
Maquinilla de recogida de muestras del fondo marino
Chigrés de tracción (Pesca)
3 pórticos electro hidráulicos y 2 pescantes

LABORATORIOS CIENTIFICOS

Laboratorio principal (Acústico)
Laboratorio húmedo
Laboratorio químico
Laboratorio biológico
Local para ROV, buceo
Cámara hiperbárica

GRUAS

2 Grúas electro hidráulicas



FREIRE
SHIPYARD

DHSAS 18001

BUREAU VERITAS
Certification



ISO 9001

BUREAU VERITAS
Certification



ISO 14001

BUREAU VERITAS
Certification



FREIRE NC-719

Almostakshif



BUQUE DE INVESTIGACION MULTIPROPOSITO

ARMADOR: KISR (KUWAIT INSTITUTE FOR SCIENTIFIC RESEARCH)

CARACTERISTICAS PRINCIPALES

Eslora total	55,58 m
Eslora entre p.p.	49,80 m
Manga de trazado	12,00 m
Puntal a cubierta ppal.	6,05 m
Puntal a cubierta superior	8,65 m
Calado de escantillonado	5,14 m
Calado de diseño	4,30 m
Cubierta de francobordo:	Cbta principal

<u>PERSONAS A BORDO</u>	28
13 científicos	
15 tripulación	

CLASIFICACION:

DNV-GL * 1A, Research vessel, EO,
DYNPOS-AUT

CAPACIDADES

Fuel oil aprox.	356 m3
Agua dulce, aprox.	81 m3
Agua de lastre, aprox.	78 m3
Aceite lub/hidráulico, aprox.	20 m3
Aguas grises/negras, aprox.	9 m3

VELOCIDAD 14 nudos

AUTONOMIA 15 días

PROPULSIÓN:

Motores diesel 2 x aprox. 1800kW a 1000 RPM
Hélice 5 palas de paso controlable
Reductora 2 x unidades, con PTIs de 200kW



FREIRE NC-600

Sarmiento de Gamboa



BUQUE DE INVESTIGACIÓN OCEANOGRÁFICA

ARMADOR: C.S.I.C.

CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES

Eslora total	70,50 m.
Eslora p.p.	62,00 m.
Manga	15,50 m.
Puntal a cubierta A	10,60 m.
Puntal a cubierta superior	7,90 m.
Puntal a cubierta principal	5,00 m.
Calado de proyecto	4,90 m.

POTENCIA Y VELOCIDAD

Motores Electricos D.C.	2 x 1.200 kW
Velocidad	15,00 nudos
Generadores principales	3 x 1.440 kW
Hélice transversal (retractail)	590 kW
Hélice de popa	350 kW

CAPACIDADES

Combustible	573 m ³
Tanques de agua dulce	101 m ³
Tanques estabilizadores	109 m ³
Bodegas de pescado	15 m ³

TRIPULACIÓN

Tripulación	42 (26 científicos)
-------------	---------------------

CLASIFICACION

BUREAU VERITAS, # HULL SPECIAL SERVICE
OCEANOGRAPHIC AND FISHING RESEARCH
UNRESTRICTED NAVIGATION #MACH # AUT-UMS,
AUT-CCS, ALM SDS COMF-1 SYS-NEQ-1 DYNAPOS
AWAT



FREIRE NB-717

TAQNA



BUQUE DE INVESTIGACION OCEANOGRAFICA

ARMADOR: TAQNA CYBER

CARACTERISTICAS PRINCIPALES

Eslora total	43,20 m.
Eslora entre p.p.	36,40 m.
Manga de trazado	10,00 m.
Puntal a cubierta ppal.	6,30 m.
Puntal a entrecubierta	3,90 m.
Calado de proyecto	4,30 m.
Calado de escantillones	4,76 m.

CAPACIDADES

Fuel oil	238 m ³
Agua dulce	46 m ³
Agua de lastre	39 m ³
Aceite lubricante	4,20 m ³
Aguas negras/grises	6 + 6 m ³
Laboratorio húmedo	21 m ²
Laboratorio seco	13 m ²
Laboratorio del ROV e inmersiones	6 m ²
Laboratorio de comunicaciones	34 m ²

TRIPULACIÓN: 29 personas (15 tripulación/14 científicos)

PROPULSIÓN

Propulsión	2x Schottel SCP 055/4-XG
Motores principales	2x MTU 12V4000M63 - 1.500kW
Grupos principales	3x MTU M1305A32 - 250 ekW
Hélice de proa	1x Brunvoll FU-37-LTC-1000
Hélice de popa	1x Brunvoll Rim Thruster - RDT1000

WINCHES

Winch hidrográfico con 3000 m. de cable de acero
Winch oceanográfico con 2000 m. de cable de datos
2x Winch arrastre con 500 m. de cable de acero
Tambor de red con 1,5t de tiro

PÓRTICOS

Pórtico de popa con SWL 5 t en estado de mar 2
Pórtico lateral con SWL 3 t en estado de mar 2

AUTONOMÍA: 21 días

VELOCIDAD: 13,9 nudos

CLASIFICACIÓN

LR # 100A1, UMS, DP AM, C AC(3) LMC



FREIRE NC-701

Volstad Surveyor



BUQUE OFFSHORE DE INVESTIGACIÓN

ARMADOR: Volstad Shipping

CARACTERÍSTICAS

Eslora total	85,30 m.
Eslora entre pp.	75,00 m.
Manga	18,00 m.
Puntal	9,10 m.
Calado	6,80 m.

CAPACIDADES

Carga sobre cubierta	40 x 17 m.
Hangar	6 x 13 m.
Diesel oil	1100 m ³
Agua dulce	400 m ³
Lastre	1900 m ³

POTENCIA Y VELOCIDAD

Propulsión	Rolls Royce AZP 100 2 x 2200 kW
Generadores	CAT 3516B 4x 1825 kW
Velocidad en pruebas	16,50 nudos
Hélices transversales	2 x 1150 kW
Hélice retráctil	1400 kW
Grúa ppal.	70 ton. a 11 m.

TRIPULACION

62 personas

CLASIFICACION

BV: DNV +1A1, SF, ED, Dynpos AUTR, CLEAN, COMF-C(3)-V(3), HELDK-SH- Ioe C, NAUT-OSV



FREIRE
SHIPYARD



FREIRE NB-710

B. A. P. Carrasco



BUQUE OCEANOGRÁFICO POLAR

ARMADOR: Marina de Guerra del Perú

CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES

Eslora total	95,30 m.
Eslora entre pp.	84,00 m.
Manga	18,00 m.
Puntal a cubierta principal	9,20 m.

CAPACIDADES

Capacidad plataforma helicóptero	6,10 Tons
Dimensiones hangar helicóptero	110 m ²
Dimensiones hangar científico	109 m ²
D.O	823 m ³
Agua dulce	243 m ³
Lastre	852 m ³

TRIPULACIÓN

110 hombres

CLASIFICACIÓN

DNV * 1A1, ED, PC-7, CLEAN, BIS, SPS, AP-3(50%),
DPS2, BWM-T, COMF-C(3)V(3), SILENT-A

POTENCIA Y VELOCIDAD

Motor propulsor	2 hélices azimutales de 3000 kW
Grupos principales	4 x 2350 kW
Velocidad aprox.	16,50 nudos
Hélices de proa	2 x 800 kW
Maquinillas	4 maquinillas científicas
Grúas	3 grúas científicas
Grúa principal	14 tons a 13 m.

LABORATORIOS

Laboratorio húmedo	25 m ²
Laboratorio seco	28 m ²
Laboratorio geológico	19 m ²
Laboratorio químico	12 m ²
Laboratorio hidro-oceanográfico	15 m ²
Laboratorio oceanográfico	19 m ²
Laboratorio levantamientos hidrográficos	25 m ²
Laboratorio meteorológico	18 m ²



FREIRE
SHIPYARD

OHSAS 18001

BUREAU VERITAS
Certification



ISO 9001

BUREAU VERITAS
Certification



ISO 14001

BUREAU VERITAS
Certification





JAMES COOK: Sophisticated ship assists marine research

Builder's name..... Fiekkjford Slipp & Maskinfabrik AS
 Designer..... Skipstøknisk AS
 Vessel's name..... James Cook
 Owner/Operator..... The Natural Environment Research Council (NERC)/Research Ship Unit (RSU), National Oceanography Centre
 Country..... UK
 Flag..... British
 Total number of sister ships already completed..... Nil
 Total number of sister ships still on order..... Nil
 Contract date..... 1 July 2004
 Delivery date..... 31 August 2006

The new owner of *James Cook*, the Natural Environment Research Council (NERC), has chartered the vessel to the Research Ship Unit (RSU), from the National Oceanography Centre. This vessel provides a platform on and from which scientific experiments, investigations, and remote equipment servicing can be carried out. The main users of the ship will be UK universities and research institutions, but some specialist commercial charters may also be carried out.

James Cook is capable of operating safely and effectively on an unrestricted worldwide basis from high latitude ice margins to equatorial regions including the highest air/water temperature regions. The vessel will also be required to work on the UK/Continent continental shelf working close inshore on scientific tasks, wreck investigations, and in designated special sea areas where time on such locations could extend to 20 days.

The craft has been constructed to Lloyd's Register Ice Class 1C with enhancements such as double framing throughout its length and an NERC required minimum shell plate thickness of 12mm up to upper deck level.

James Cook is able to operate from a wide range of ports – both requiring no special port facilities and a capability to gain access to small ports – thus allowing NERC as large a choice as possible of 'nearest' ports to reduce the distance from the site at which the science will be carried out.

Most scientific work will be carried out at the aft end and along the starboard side. The port side of the ship is reserved primarily for ship type operations such as rescue boat handling, but it is also used for towed echo sounder deployment.

The ship has a large open aft working deck connected to a relatively wide (4m) starboard side working deck leading forward to about midships. These working decks are about 4m above the normal operating draught to minimise the dangers of pendulum action when deploying or retrieving equipment, while protecting personnel as far as possible from the shipment of seas.

Immediately adjacent to the working decks there is an enclosed space which provides a protected working environment where large and small pieces of equipment can be stored, opened up, and worked upon. This is a wet space not included within the enclosed superstructure. The space will be fitted with a gantry crane beam allowing equipment transfer from the outside deck. The deck within the wet space is sheathed with timber to reduce noise in spaces below and to provide protection for the equipment being handled.

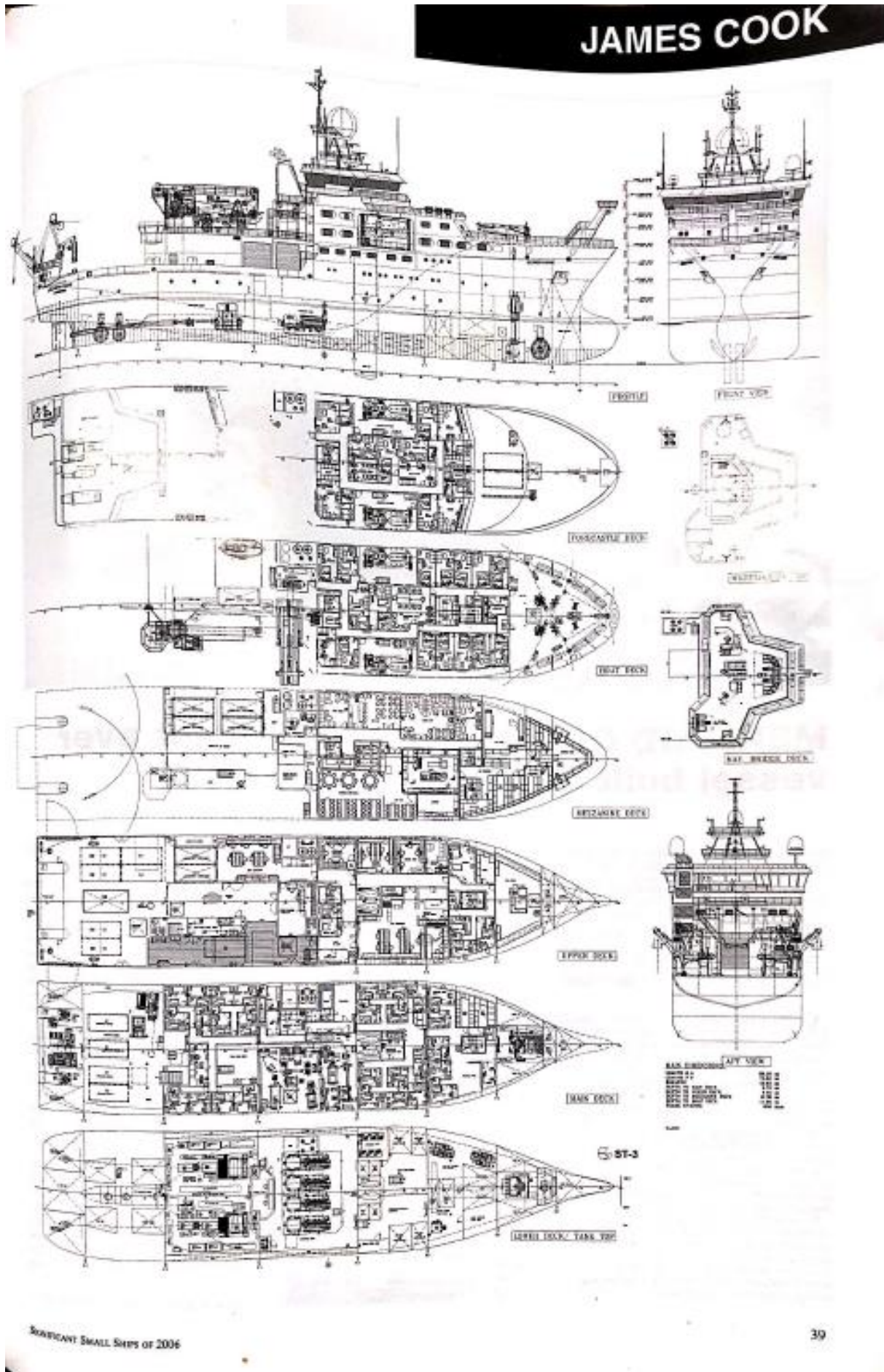
There are a number of laboratories onboard including the deck lab, the water sampling lab, and the dry and clean lab. The ship has accommodation and facilities for 54 persons, that is, 32 scientists and 22 officers and crew.

The vessel has been installed with Wärtsilä 9L20 main engines which have an output of 1770kW at 1000rev/min. Also fitted is a five-bladed Wärtsilä FP propeller with a speed of 18rev/min.

PRINCIPAL PARTICULARS

Length, oa..... 89.20m
 Length, bp..... 78.60m
 Breadth..... 18.60m
 Depth, to main deck..... 6.70m
 Depth, to upper deck..... 9.50m
 Depth to mezzanine deck..... 12.30m
 Depth to boat deck..... 14.90m
 Gross tonnage..... 5400gt
 Draught..... 8.30m
 Continental Shelf operating draught..... 5.50m
 Speed, service..... 12knots
 Trial speed..... 16knots
 Classification Society and Notations..... Lloyd's Register
 +100A1, Ice Class 1C (F), LMC, UMS, DP(A1),
 Research Vessel
 Main engine
 Make..... Wärtsilä AS
 Model..... 9L20

Output of each engine..... 1770kW at 1000rev/min
 Steering gear
 Type..... Twin rotary vane
 Make..... Rolls-Royce Marine, Teconprop
 Propellers
 Manufacturer..... Wärtsilä Ltd
 Number..... 2
 Pitch..... Fixed
 Diameter..... 3800mm
 Speed..... 180rev/min
 Turning direction..... Inwards
 Number of blades..... 5
 Bow thrusters
 Make..... Brunel AS
 Bow tunnel thruster..... 1200kW/0-283rev/
 min reversibly mounted
 Bow thruster azimuthing..... 1350kW/
 0-305rev/min retractable
 Stern thrusters
 Make..... Brunel AS
 Stern tunnel thruster no 1..... 800kW/0-360rev/
 min reversibly mounted
 Stern tunnel thruster no 2..... 600kW/0-360rev/
 min
 Deck machinery
 Winch make..... DOMAS
 Wire and rope make..... Certox Rigge AS
 Bridge electronics
 Radars make/model..... Two forward facing
 Decca; All facing Ocean Waves GMBH
 EM log..... Walker Marine
 Worldwide communications..... Inval
 Acoustic Doppler current profiler..... Dia AS
 Overside lifting equipment..... All W frame 30tonnes at 4m
 outboard over the stern; frame fitted with 2 x
 3tonnes SWL auxiliary winches; midship
 parallelogram frame 30tonnes at 2.5m over side
 (main lift), 15tonnes at 4.5m over side (auxiliary
 lift), frame fitted with 2 x 3tonnes SWL auxiliary
 winches; Hydroboom 50tonnes at 4m over the side
 all from Colin AS
 Lifeboats..... 2 x Norsafe AS totally enclosed
 motorised 65 person, 6000l
 Workboat..... 1 x Norsafe AS rigid GRP, inboard diesel
 6 person, 6000l
 Complement
 Crew..... 54 persons: 32 scientists, 22
 officers





INVESTIGATOR: Research vessel built for multiple operations and impressive range

Builder..... Teekay Holdings Australia / Sembawang Shipyard Pte
 Designer... RALion (Robert Allan Ltd and Allion Science and Technology joint venture)
 Vessel's name..... Investigator
 Owner/operator... Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO)
 Country..... Australia
 Flag..... Australia
 Total number of sister ships already completed..... 0
 Total number of sister ships still on order..... 0
 Contract date..... February 2011
 Delivery date..... July 2014

Developed as the flagship for CSIRO, Australia's leading scientific and research agency, the research vessel *Investigator* is intended to fulfil a range of multifunctional roles within the southern oceans.

Her duties include, but are not restricted to: acoustic habitat mapping; acoustic surveys of marine species; the acquisition of geological samples of the ocean bottom at depths of up to 5,000m; the acquisition of benthic samples of the ocean bottom at depths of up to 6,500m; and the acquisition of 20-30m core samples of the ocean bottom at depths of up to 7,000m.

In addition, *Investigator* will be expected to handle tasks such as bottom trawling at depths of up to 4,000m, conducting oceanographic sampling, launching an array of egg/larval/fish sampling systems and tracking and assessing marine birds and mammals.

The hull line was designed so as to curb noise emissions, by limiting the amount of air drawn under the vessel during operations. To assist in the above missions, the vessel has also been fitted with a stern ramp to support fisheries research activities, as well as a 13m x 9m gondola (for additional minimum underwater noise, as opposed to a motor-driven RIB, for example), mounted approximately 1.2m below the hull, and two retractable drop keels. The drop keels will house the ship's scientific sonar and transducer suites – all of which have been supplied by Kongsberg – and can be lowered to a depth of 4m below the hull.

One of *Investigator's* more notable features concerns her propulsion motors; according to

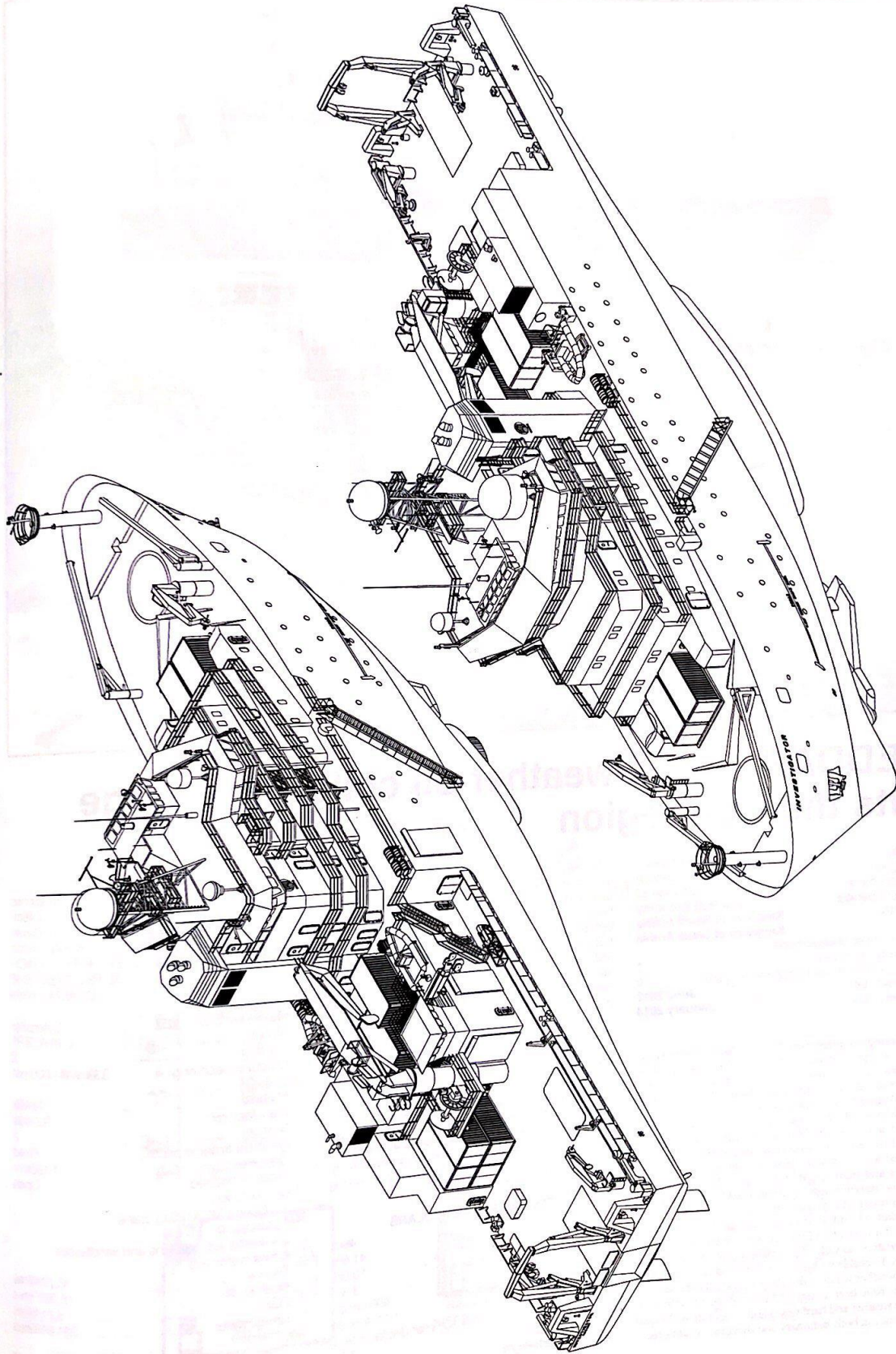
RALion (the joint venture formed between Canada's Robert Allan Ltd and Allion Science and Technology to design this vessel), the inclusion of dual L3/Indar, 2,600kW units represents the first time that AC motors of this size have been incorporated into a research vessel which was specifically developed to comply with class society DNV's 'Silent-R' requirements for underwater noise radiation.

Featuring onboard capacity for up to 60 persons, the vessel can store up to 833m³ of fuel oil, a volume that, the designer and builder claim, is sufficient to grant the vessel a range of nearly 11,000nm when operating at 12knots, amounting to a period of roughly 60 days.

TECHNICAL PARTICULARS

Length, oa..... 93.9m
 Length, bp..... 85.6m
 Breadth, moulded..... 16.5m
 Depth, moulded..... 9.45m
 Gross tonnage..... 5,637tonnes
 Displacement..... 5,880tonnes (at loadline draught)
 Draught, loadline..... 6.2m (includes gondola)
 Deadweight, loadline..... 1,536tonnes
 Lightweight..... 4,343tonnes
 Deck space (total)..... 500m²
 Deck capacity..... 5tonnes/m²
 Service speed..... 12knots, 90% MCR, SS 6
 Max speed..... 15knots, 90% MCR SS2
 Range (nautical miles)..... 10,800@12knots
 Classification society..... Lloyd's Register of Shipping
 Notations..... *100 A1, *LMC, UMS Ice 1C IWS, EP, Research Vessel, DP (AM) and DNV Silent-R
 Other important international regulations complied with... IMO Intact Stability Code (2008) – Intact Stability Criteria, SPS Code (2008), DNV SILENT-R
 Main engine(s)
 Make..... MAK
 Model..... 8M25C

Number..... 3
 Output of each engine..... 3,000kW
 Propulsion motor(s)
 Make..... L3/Indar, 690V AC 2,600kW
 Model..... ACP-1000-Z/B
 Number..... 2
 Propeller(s)
 Manufacturer..... Wärtsilä
 Number..... 2
 Fixed/Controllable pitch:..... Fixed, 5 bladed
 Diameter..... 3.5m
 Speed..... 15knots
 Special adaptations..... specially designed to be cavitation free at 11knots
 Open or nozzled..... Open
 Rudders
 Make..... Becker Flap type high lift rudders
 Number..... 2
 Bow thruster(s)
 Make..... Thrustmaster of Texas
 Model..... TH1500MLR, drop down azimuthing thruster
 Output of each..... 1,200kW
 Deck machinery
 Suite of fisheries, scientific and deck equipment from Rapp-Hydema
 1x coring boom, 1x pipe handler, over-stem A-frame and CTD Overhead crane from Triplex AS
 1x Bergen DKF300 Main Crane, 25tonnes @ 12m, or 5tonnes @ 20m
 1x Bergen DKF40 utility crane
 1x Bergen DKF70 stores crane
 Onboard capacities
 Fuel oil..... 833m³
 Fresh water..... 384m³
 Sullage..... 30m³
 Ballast water..... 736m³
 Roll stabilisation tanks..... 320m³
 Complement
 Crew..... 60 (crew & scientists)
 Number of cabins..... 60





NEIL ARMSTRONG: new oceanographic survey vessel developed and future-proofed for a wide array of missions

Builder's name: **Dakota Creek Industries**
 Designer: **Guido Perla & Associates (GPA)**
 Vessel's name: **Neil Armstrong**
 Owner/Operator: ... **UNOLS / US Navy / Woods Hole Oceanographic Institute**
 Country: **US**
 Flag: **US**
 Total number of sister ships already completed: **0**
 Total number of sister ships still on order: **1**
 Contract date: **October 2011**
 Delivery date: **July 2015**

Neil Armstrong is the first in class of a new pair of research vessels constructed for the University National Oceanographic Laboratory System (UNOLS) fleet. *Neil Armstrong* and sister ship *Sally Ride* are both auxiliary general oceanographic research ships and will be operated by Woods Hole Institution of Oceanography and Scripps Institution of Oceanography, respectively. Both vessels were designed by GPA in Seattle, Washington, US, and constructed by Dakota Creek Industries (DCI), also of Washington.

The GPA/DCI team strategy for the design of the *Armstrong* class was to meet all critical and optional requirements set forth in the specification developed by the US Navy Office of Naval Research (ONR) and the UNOLS group. While final dimensions were dependent on specification-derived values and space required for desired features, there were also various operational characteristics required in the specification. One of the more critical of these is the prevention bubble sweep-down, which requires a hull form design that discourages flow in way of the bow wake from carrying bubbles generated by the ship's entry downward, toward the instrumentation array located near the mid-ship bottom centerline.

Vibration and noise transmission throughout the hull was another critical operational design element. It was important to prevent mechanically

induced noise on and vibrations from affecting the crew and scientific personnel during their work and resting hours, as well as to prevent adverse effects on onboard sensitive scientific equipment and the marine environment surrounding the vessel. Structural design, including global hull structural analysis and large counterweighted foundations for the main generator sets, along with shock mountings on vibrating equipment and vibration-attenuating coatings, were all employed to ensure that all vibration criteria were met or exceeded. DCI and GPA collaborated with Noise Control Engineering (NCE) to engineer these solutions and validate that these measures were effective. The vessels also ensure minimised effect on the environment by way of both locating all drains and outflows on the port side (opposite the side handling gear and ROV hangar entry), and by the capability to have zero outflow or drainage overboard for up to 72 hours.

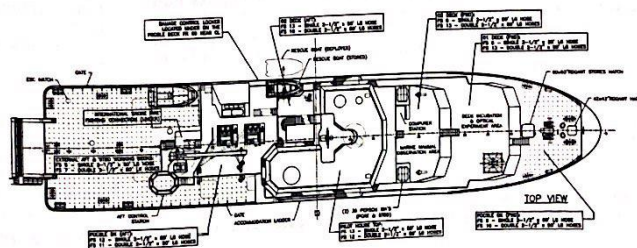
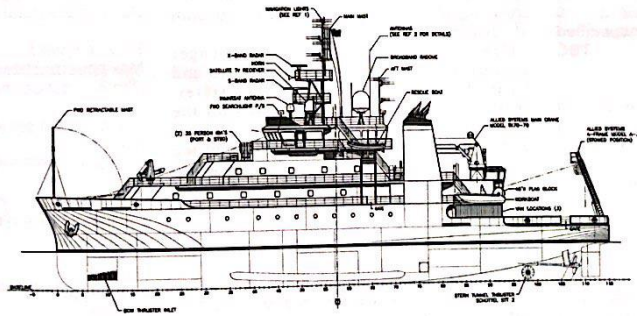
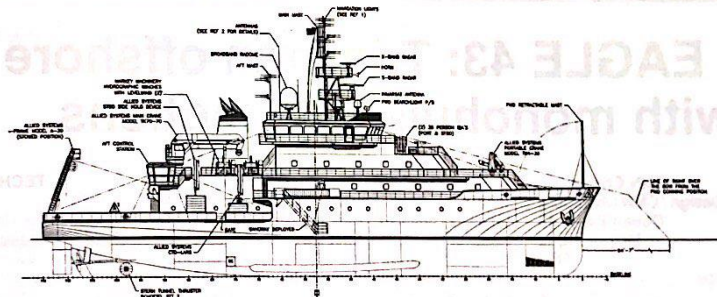
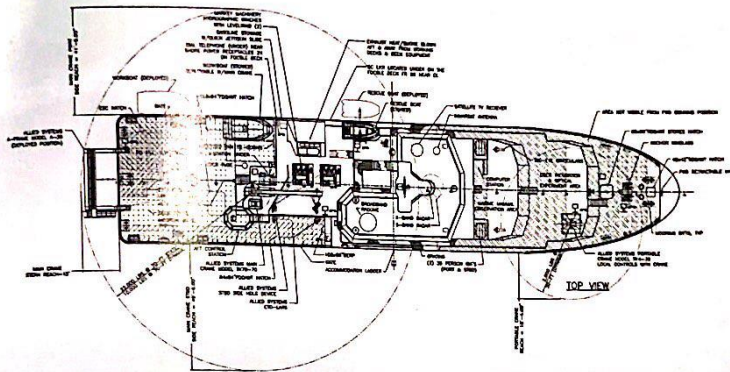
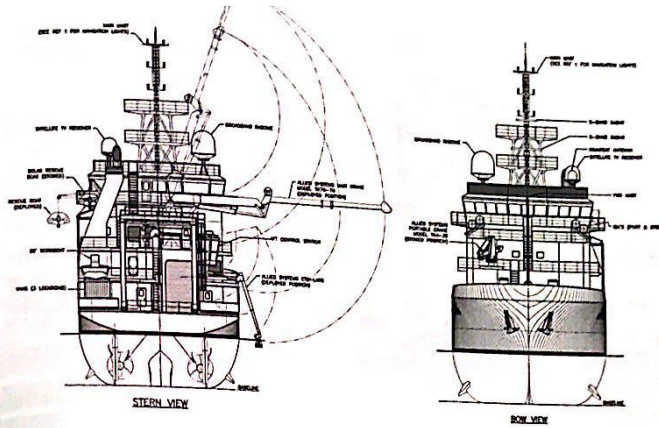
Neil Armstrong is capable of a sustained speed of 12knots with a range of 11,500nm. The vessel can provide 11.3tonnes of towing force at 4knots and 4.5tonnes at 6 knots in sea state 4 conditions. *Neil Armstrong* and *Sally Ride* are powered by twin AC motors controlled by variable frequency drives provided by Siemens, and propelled by two controllable-pitch Hundedest propellers. This arrangement maximises fuel efficiency over a broad operating profile, which includes use of a tunnel stern thruster and a Tees White Gill azimuthing disc bow thruster for station-keeping, while also providing a high degree of control over propeller-induced noise.

For subsea research, the *Armstrong* class is capable of being fitted with a wide array of subsea sensors and sonar equipment on a number of through-hull fittings and array foundations in the transducer room. The transducer room is also equipped with various sea chests and a larger overhead for the movement of scientific equipment to be defined in future years. Flexibility in this space and throughout the design is important in

allowing the *Armstrong* class to adapt to as many different type of missions as possible.

TECHNICAL PARTICULARS

Length, oa	72.54m
Length, bp	70.1m
Breadth, moulded	15.24m
Depth, moulded	6.7m
Gross tonnage	2,602.9tonnes
Displacement	3,433.2tonnes
Design, draught	4.57m
Design, deadweight	1,471.7tonnes
Lightweight	1,961tonnes
Deck space (total)	174m ²
Service speed	12knots
Max speed	12.8knots
Bollard pull	4.5tonnes @ 4knots @ sea state 4
Range (nautical miles)	11,500
Daily fuel consumption	11.16tonnes
Classification society	ABS (under-90m rules)
Notations	A1, Circle E, AMS, ACCU, NBS, Ice Class D0, UWILD, IACS Subchapter U, SOLAS (Oceanographic Vessels), MARPOL
Main engine(s)	
Make	Cummins
Model	QSK38 DM
Number	4
Output of each engine	1,044kW
Propulsion motor(s)	
Make	Siemens
Model	4508-1HA
Number	2
Output speed	200rpm
Propeller(s)	
Material	Stainless steel
Manufacturer	Hundedest
Number	2
Fixed/controllable pitch	Controllable
Diameter	2,438mm
Speed	200rpm
Open or nozzled	Open
Alternators	
Make/type	Siemens
Number	4
Output of each set	988kW@60Hz/1,800rpm
Bow thruster(s)	
Make	White Gill 40 T 3S MK V-QR
Number	1
Output	686kW@677rpm
Stern thruster(s)	
Make	Schottel
Number	1
Output	620kW @ 1,470rpm
Deck machinery	
Crane(s)	1 x Allied TK 70-70, 9.9tonnes@21.3m SWL
Winch(es)	2 x Markey hydrographic winches, 10.9tonnes @ 0-62.5m/min 1 x Markey traction winch, 11.8tonnes@0-62.5m/min
Other deck machinery/equipment	1 x Allied TK4-30 portable crane, 0.9tonnes@9.1m SWL
Bridge electronics	
Radar(s)	JMA- 9100 Series ARPA radar
Autopilot	Yokogawa / PT500APN2
GMDSS	USB -196GM
GPS	JLR-7500
Gyro	Navigat X Mk 1
Engine monitoring/ fire detection system	Salwico CS4000
Onboard capacities	
Fuel oil	@98% 556.7m ³
Fresh water	@100% 55.4m ³
Sullage	@98% 15.7m ³
Ballast water	@100% 441.5m ³
Complement	
Crew	20
Passengers (scientists)	24
Number of cabins	31
Other significant or special items of equipment	
Deep water multibeam survey system	
Mid-water multibeam survey system	
Sub-bottom profiler	
Acoustic Doppler current profiler (ADCP)	
Acoustic navigation and tracking system	





TRIDENT: Versatile research vessel for academic projects and training

Builder **Geo Shipyard, Inc**
 Designer **Roger Fyffe**
 Vessel's name **Trident**
 Owner / operator **Texas A&M University**
 Country **US**
 Flag **US**
 Total number of sister ships
 already completed **0**
 Total number of sister ships still on order **0**
 Contract date **May 2014**
 Delivery date **May 2015**

Louisiana is one of the US' most thriving boatbuilding hubs at present, and New Iberia-based Geo Shipyard added to the state's tally in 2015 with the launch and delivery of the 19.8m loa aluminium catamaran research vessel *Trident*. Like a fellow entrant in this year's *Significant Small Ships* (see *London Titan*, pages 42-43), *Trident* has been described as a 'Swiss Army Knife' in lieu of her versatile nature, enabling a number of research-related and academic studies to be conducted on board, as well as providing a platform for training.

Reported to be the first new vessel that the University of Texas, based in Galveston, has ordered in 40 years, *Trident* has been developed to operate 24/7 for up to five days, between port calls, and to travel up to 200nm from shore. The vessel has been fitted with a 22.3m² dry lab, replete with computer facilities, and boasts a spacious aft deck capable of holding a wet lab counter, comprising a deep sink with fresh /salt water taps and a fresh water shower. *Trident's* rear cargo deck measures some 34.8m².

Deck equipment includes: a DT Marine-manufactured DT303EM survey/rawl winch and an aluminium A-frame; a 2tonne-capacity knuckle boom crane with a maximum reach of 6.86m; a fire pump, supported by two fire stations; and a 4.6m inflatable RIB. The inclusion of two Wesmar V2 thrusters is intended to

enhance *Trident's* manoeuvrability, especially in areas where space is restricted. Kobelt supplied the vessel's steering system.

Inside, three staterooms accommodate 12 beds, and scientist passengers / students / trainees can also take advantage of the pilothouse, a galley and a mess dining area. The main Scania 13litre diesel engines, rated 373kW apiece, connect to 812.8mm x 1,067mm ZF four-bladed nibral wheels through ZF 360 marine gears with 2:48:1 reduction ratios. Together with the vessel's twin Wesmar V2 thrusters, this propulsion package grants *Trident* a cruising speed of 17knots, increasing to 23knots max.

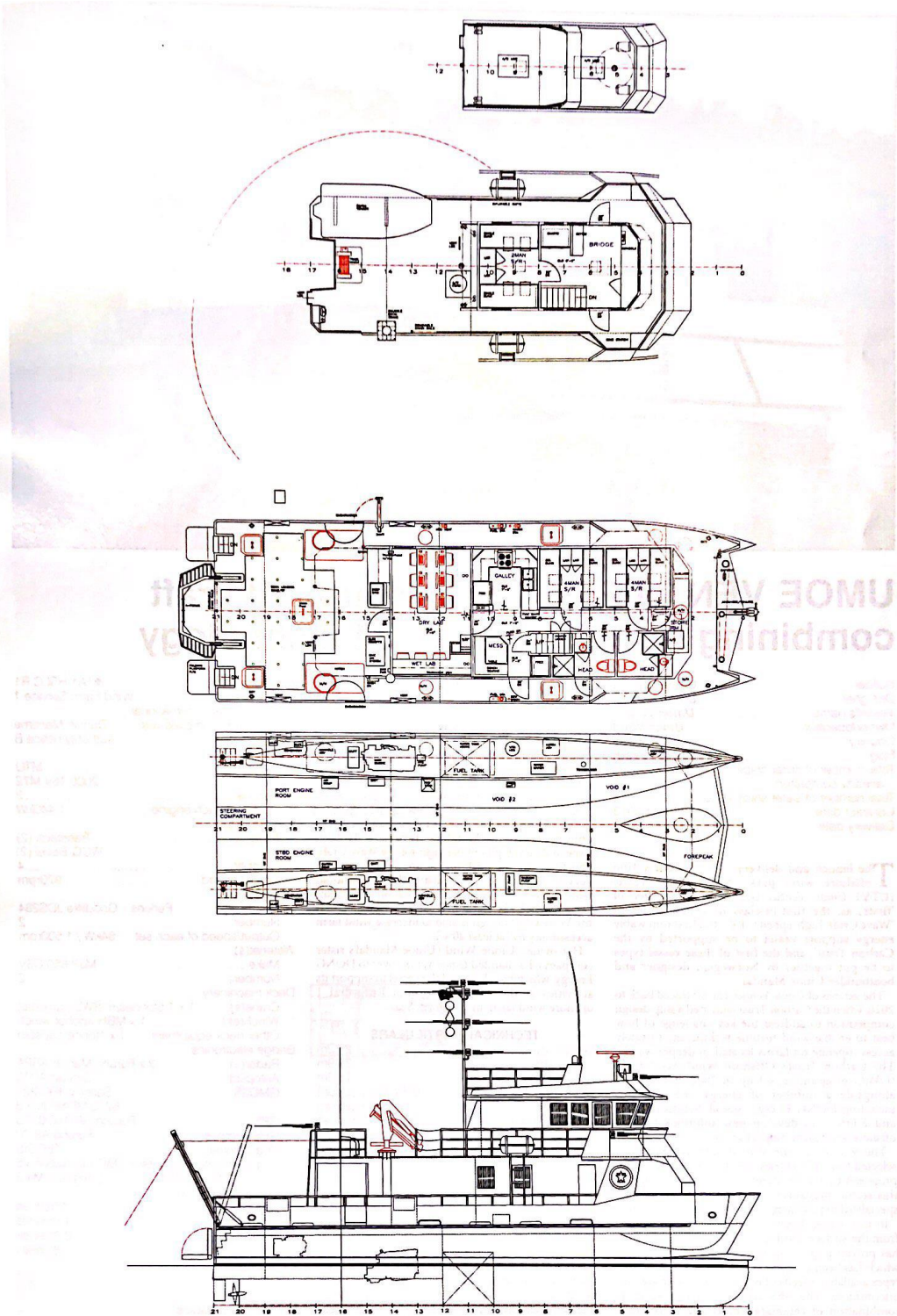
TECHNICAL PARTICULARS

Length, oa 19.8m
 Length, bp 19.1m
 Breadth, moulded 6.55m
 Depth, moulded 2.84m
 Gross tonnage 92tonnes
 Displacement 48tonnes
 Design, draught 1.37m
 Design, deadweight 10.38tonnes
 Lightweight 37.72tonnes
 Deck space (total) 54.9m²
 Deck capacity 4tonnes/m
 Service speed 17knots @ 75% MCR
 Max speed 23knots
 Range (nautical miles) 1,200
 Daily fuel consumption 2,271litres
 Classification society US Coast Guard-inspected

Main engine(s)
 Make Scania
 Model DI 13 070
 Number 2
 Output of each engine 373kW
 Gearbox(es)
 Make ZF Marine
 Model ZF 360

Number 2
 Output 725rpm
 Propeller(s)
 Make NiAlBr
 Manufacturer ZF Marine
 Number 2
 Fixed / controllable pitch Fixed (41.5)
 Diameter 810mm
 Speed 725rpm
 Special adaptations Anti-singing edge
 Open or nozzled Open
 Alternators
 Make Westerbeke
 Number 2
 Output of each set 33kW
 Bow thruster(s)
 Make Wesmar
 Number 2
 Output of each 17.15kW
 Deck machinery
 1 x EST crane, 2tonnes SWL
 1 x DT Marine winch, 0.34tonnes capacity
 Bridge electronics
 Radar(s) 2 x Furuno MD12
 Autopilot Simrad AP28
 Other communications systems Furuno Haier
 GPS Furuno / Rosepoint
 Gyro Simrad
 Chart plotter Furuno/Rosepoint
 Fire detection system Fire Boy
 Onboard capacities
 Fuel oil 9,464litres
 Fresh water 1,268litres
 Complement
 Crew 4
 Passengers 48
 Number of cabins 3
 Other significant or special items of equipment
 Large dry lab facility
 SK 450 GPD water maker

TRIDENT





ELECTRA: Scientific research vessel with an emphasis on stability and seakeeping

Builder	Baltic Workboats
Designer	Baltic Workboats
Vessel's name	Electra af Askö
Owner/operator	Stockholm University
Country	Sweden
Flag	Sweden
Total number of sister ships already completed	1
Total number of sister ships still on order	0
Contract date	July 2014
Delivery date	June 2016

Last year, Stockholm University, Sweden enhanced its offerings to students and guest scientists by taking delivery of a new scientific research vessel, *Electra*. Assembled by Estonian builder Baltic Workboats, *Electra* has been developed to carry up to 35 passengers, in addition to crew, and her main tasks are to undertake research work on the Baltic Sea and to ferry students between the mainland campus and the university's research lab on Askö Island, situated in the Trosa archipelago, approximately 80km south of Stockholm. This latter hub, surrounded by hundreds of islands, serves as a valuable maritime research centre for students and visiting scientists alike.

Featuring a steel hull, *Electra* measures 24.3m x 7.2m, has been designed to draw 2.1m, and features a combined 42m² of laboratory and work space. The craft is kitted out with a wide array of research equipment, including: Kongsberg's Topas PS40 parametric sub-bottom profiler, and sensors; Simrad's EK80 echo sounder and EM2040 multibeam echo sounder; Valeport's Mini SVS sound velocity sensor and Mini SVP sound velocity profiler; and acoustic Doppler current profiler (ADCP) sensors. These are all connected by a K-sync system.

The vessel's complement is thus effectively able to monitor and collate information related to the seabed and surrounding waters. Using this set-up,

participants can probe up to 50m within the seabed's sediment layers. A KVM system enables all data gathered by these sensors to be displayed on up to 17 onboard monitors.

To facilitate sampling, *Electra* is equipped with four dedicated research winches, including a 12m pistol corer for the collection of bottom sediment samples. This arrangement is supported by three cranes and an A-frame.

A customised electrical winch, rated approximately 7.5kW, is situated in the vessel's wet lab area. This winch has been integrated with a Kongsberg motion reference unit (MRU), so as to compensate winch wire length depending on vessel movement.

Crew are housed in four below-deck cabins – two double, two single – and, with their comfort in mind, Baltic Workboats says that it has created an insulated environment in which volume levels have been reduced to 55dBA max, both in this accommodation area and within the vessel's work zones.

Similarly, stability was an important consideration in this vessel's development. To this end, Baltic Workboats has fitted the boat with two Seakeeper 35HD gyrostabilisers, to provide a steady platform for scientists working inside the onboard lab space. Also, to curtail vessel movement due to wind and/or current, *Electra* has been fitted with a DP system, supplied by Navis Engineering.

TECHNICAL PARTICULARS

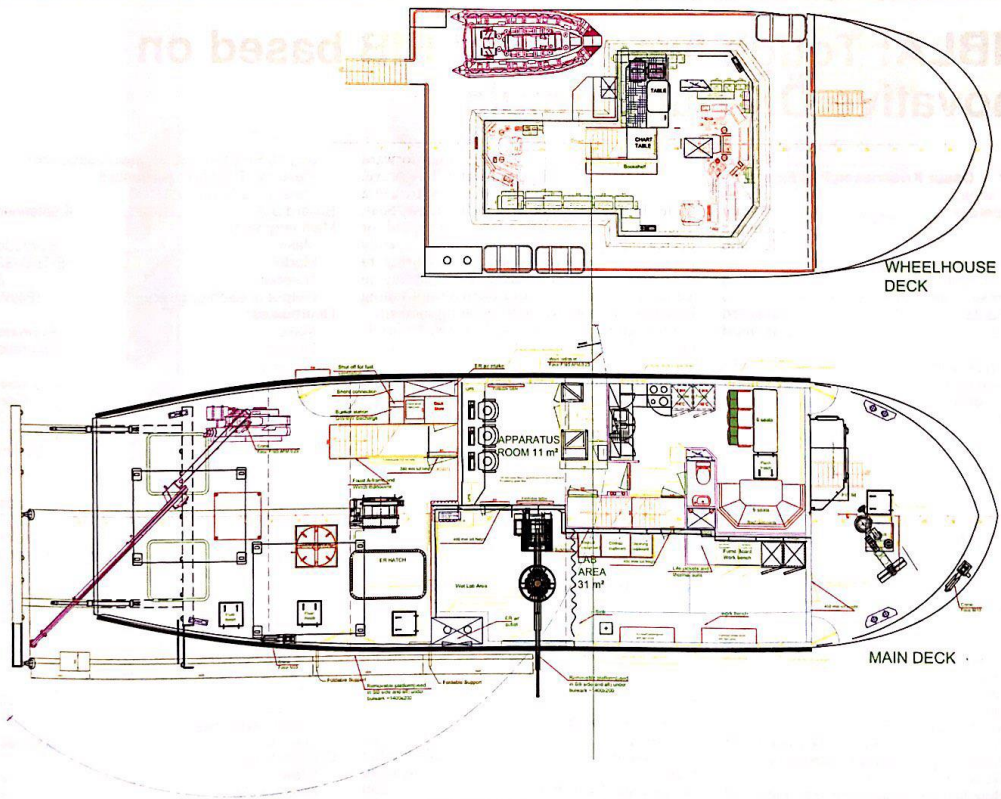
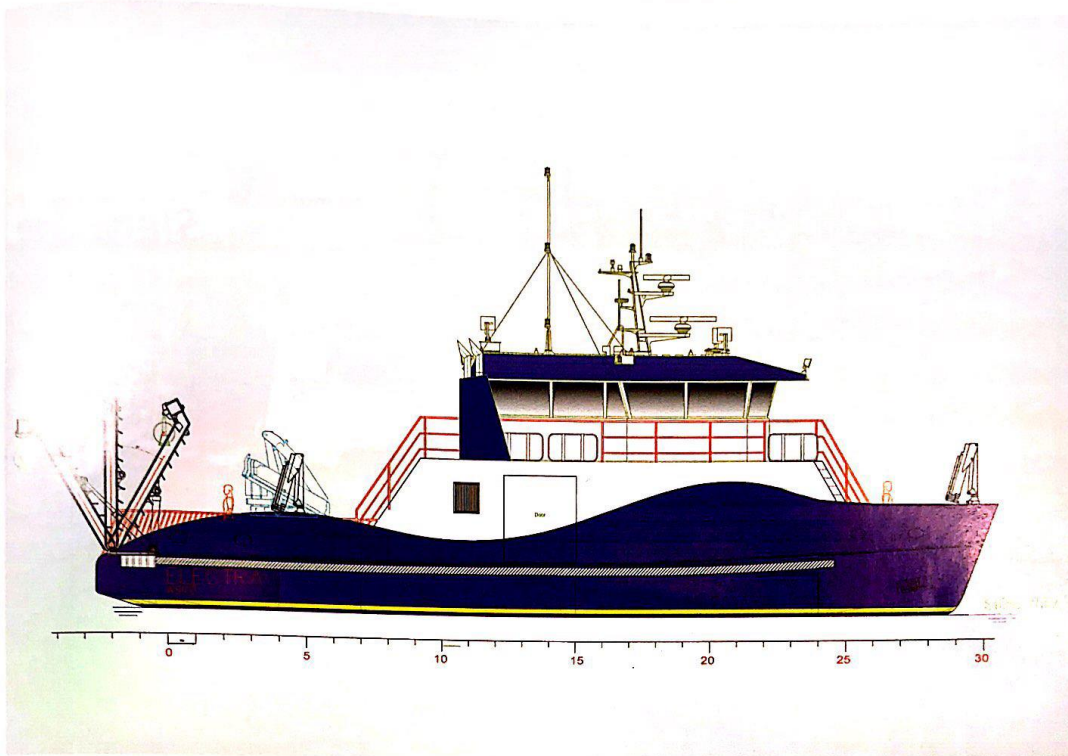
Length, oa	24.3m
Length, bp	20.1m
Breadth, moulded	7.2m
Depth, moulded	3.5m
Gross tonnage	182tonnes
Displacement	172tonnes
Design, draught	2.1m
Service speed	10knots
Max speed	12knots
Range (nautical miles)	300
Classification society	Lloyd's Register

Notations #100A1 SSC Workboat, Mono, G3, Ice class 1 C FS MCH UMS
Other important international regulations complied with Finnish-Swedish ice class 1C rules

Main engine(s)	
Make	Volvo Penta
Model	D16 MH
Number	2
Output of each engine	368kW@1,800rpm
Gearbox(es)	
Make	Rolls-Royce
Model	US 105FP
Propeller(s)	
Manufacturer	Rolls-Royce
Number	2
Fixed/controllable pitch	Fixed
Bow thruster(s)	
Make	Sleipner
Deck machinery	
1 x Fassi F165 crane	
1 x Fassi M25 crane	
1 x Fassi M20 crane	
1 x hydraulic winch, 3tonnes	
1 x electric motion-compensated winch, 400kg	
A-frame, 5tonnes	
Custom-built piston corer	
Full-size moon pool	
Bridge electronics	
Radar(s)	2 x Furuno
Autopilot	Simrad/Navis
Gyro	2 x Seakeeper 35HD
Chart plotter	Maxsea
Fire detection system	Firepro
Onboard capacities	
Fuel oil	4,500litres
Fresh water	2,500litres
Sullage	1,300litres
Complement	
Crew	3
Passengers	35
Number of cabins	4

SIGNIFICANT SMALL SHIPS OF 2016

ELECTRA





ANNEX "A" top TimeCharterParty

M/V SANCO SKY

YOUR PARTNER IN MARINE SEISMIC OPERATIONS



TECHNICAL SPECIFICATION FOR M/V SANCO SKY

Built:	2007
Length:	72,40 M
Breadth:	13,20 M
Gross Tonnage:	2282 T
Fuel oil capacity:	2800 m3
Charterers Dry Provision Store:	46 m3
Charterers Cooling Store:	30 m3
Charterers Freezing Store:	20 m3



Total accommodation for seismic crew-change: 42 persons sleeping / 50 persons for up to 48 hrs.

TECHNICAL SPECIFICATION MV SANCO SKY

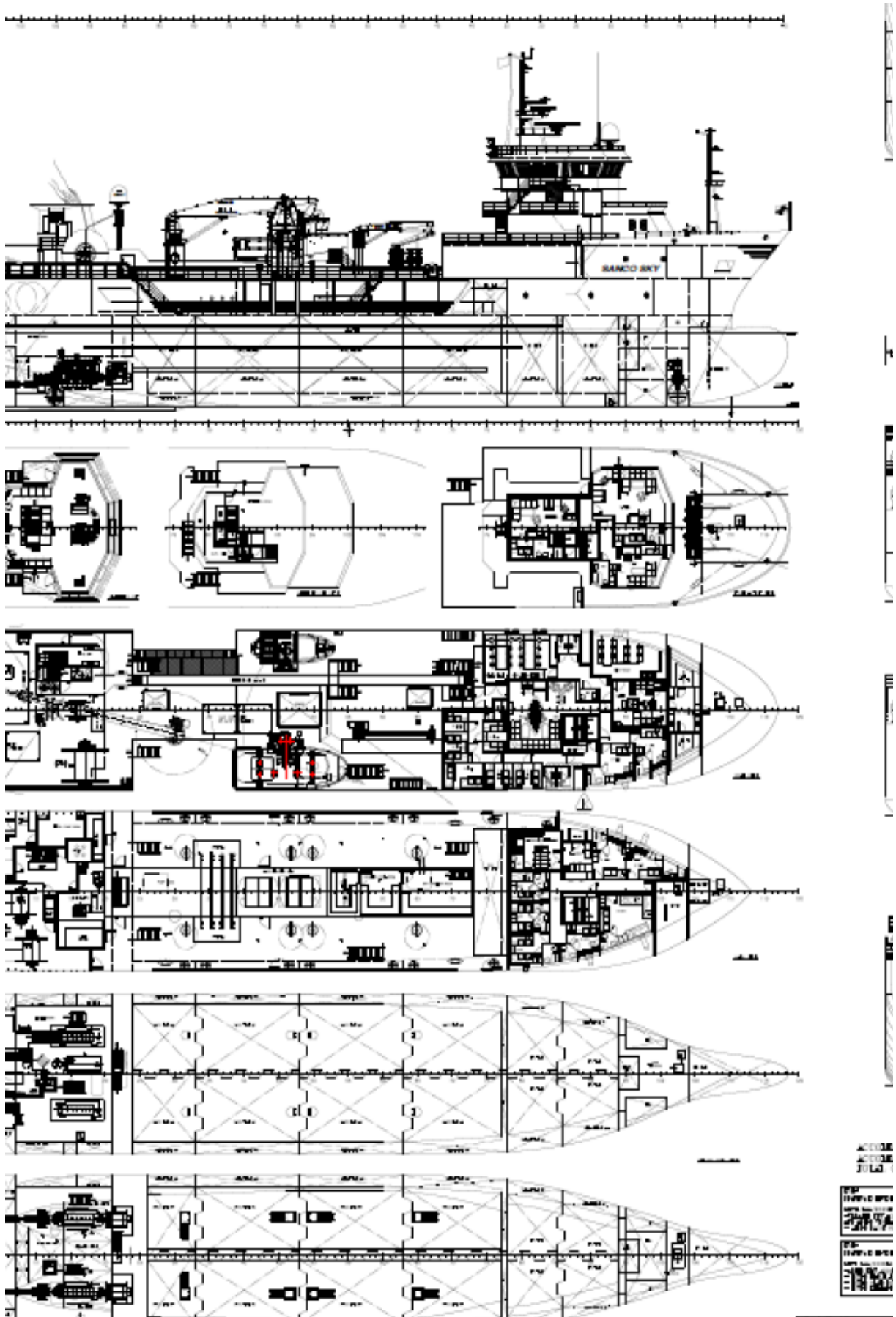
MAIN DIMENSIONS	
Length O.A (LOA):	72,40 M
Length P.P.:	66,14 M
Breadth:	13,20 M
Draft loaded:	6,21 M
Draft in ballast:	4,30 M
Gross Tonnage	2282 T
Deadweight:	2750 T
Net Tonnage:	685 T
Dist. Aft – HFO manifold	22,0 M
Dist. Bow–HFO manifold	50,00 M
PROPULSION MACHINERY	
Main engines:	2 x 1800Hp, ABC Diesel 5MDZC, 900RPM
Shaft Generators:	2 x AVK 1000kW each
Propeller/Gear:	2 x 4 bladed Scana Volda, Ø= 2700, 200 RPM
AUXILIARY MACHINERY	
Aux. 1:	1 x Scania, 170kW
Emergency Aux:	1 x Scania, 170kW
Bow thruster:	1 x Brunvoll, 500 kW
Stem thruster:	1 x Brunvoll, 300 kW
Rudder:	2 x Highlift rudders
CAPACITIES	
Heavy fuel Oil (380CST) w/ thermal heating coils:	2200 m3
Marine Gas Oil (MGO):	550 m3
Drinking water:	110 m3
Fuel pump capacity:	2 x 200 m3/h + 1 x 120 m3/h at 8 bar,
NAVIGATION & COMMUNICATION EQUIPMENT	
HF/MF/DSC:	Sailor HC 4500
VHF:	2 x Sailor 5022 D8C 1 x Sailor RT 2048 1 x Sailor 6210
VHF, portable:	3 x Sailor SP 3520
UHF:	3 x Motorola GP 340
Radar 1:	3 cm Furuno FR 2117, Arpa
Radar 2:	10 cm Furuno FR 2137 S, Arpa
Gyro:	Sinrad GC80
GPS:	Furuno GP 90 + Furuno GP 37
SATCOMP:	Furuno SC-50
EI Chart:	Dual TecDis T-2138A
Navtex:	Furuno NX-700
AIS:	Furuno FA 150 AIS
Epirb:	Jotron 40S
Sart:	2 x Tron AIS - SART
Current profiler:	Nortek ADCP
Autopilot:	Sinrad APSMK III
Echo sounder:	Furuno FE-700 & FCV-600L
E-mail to use:	bridge.sky@sanco.no

CLASS	
BV / 1 +HULL, +MACH, AVM-DPS, AUT-UMS, ICE CLASS 1B. SPS IMO A. 534 (13)	
Built:	Aas Mek. Verksted, Norway, build no. 175, Year 2007
Call sign:	ZDHW 8
Flag:	GIBRALTAR
Port of register:	GIBRALTAR
IMO Number:	IMO 9349033
BV ID Number:	34588 X
MM8I Number:	236384000
SPEED & CONSUMPTION	
Max speed:	13 knots = 14 m3/ day
Service speed:	11 knots = 10 m3/ day
Escort speed:	4,5 knots = 3 m3/ day
Bollard pull:	31 tonnes
DECK MACHINERY	
Deck crane 1:	Dreggen jib crane, SWL 7,5 ton at 17 m
Deck crane 2:	Dreggen jib crane, SWL 1,5 ton at 10 m
Fuel winches:	2 x 200m Capacity with 5" hose / 4" Todomatic
Lube oil winch:	200 m capacity with 2" hose
Streamer winch:	Capacity 6000 m. of Ø = 64 mm cable
Towing hook:	Strainstall, SWL 60 tonnes
Ballast treatment:	MMC Green Technology, 100 m3
Inclinator:	Teamtec Golar OG 120 C
Workboat davit:	Vestdavit, Type: PLR-15000, SWL: 15 tons
FRC davit: MacGregor	Type: HDM A32, SWL: 3,2 tons
ELECTRIC POWER	
440 V, 230 V all 60hz	
RESCUE EQUIPMENT	
MOB / Rescue boat	Weedo 700 FRB, Waterjet, Appr. for 10 pers.
Liferafts:	6 x 25 pers. + 2 x 16 pers.
Total Lifesaving cap.:	60 persons
Dacon Rescue Scoop:	1 pcs on stb side Maindeck
ACCOMMODATIONS	
4 x 1 bed cabin with bathroom (Maritime crew)	
4 x 2 bed cabin with bathroom (Maritime crew)	
3 x 4 bed with bathroom	
1 x 8 bed with bathroom	
1 x 2 bed cabin with common bathroom	
5 x 4 bed cabins with common bathroom	
MANAGEMENT COMPANY	
Sanco Shipping AS Moljevegen 32, N-6083 Gjerdsjøen, NORWAY	
Telephone:	+ 47 95 70 60 32
E-mail:	ivan@sanco.no
Internet:	www.sanco.no



ALL SPECIFICATIONS GIVEN WITHOUT GUARANTEE AND SUBJECT TO CHANGES

Updated: December 2019



GONDAN
SHIPBUILDERS



DR FRIDTJOF NANSEN

Tipo: Buque de investigación oceanográfica y pesquera

Casco: Acero

Armador: Havforskningsinstituttet (Noruega)

Dr Fridtjof Nansen es un buque científico silencioso cuya distribución de equipos de cubierta, laboratorios y configuración propulsiva ha sido diseñada y construida específicamente para cumplir la normativa ICES 209 CRR -la más restrictiva en cuanto a ruido radiado bajo la superficie-. Gracias a su elevado número de grúas, maquinillas y diversos equipos de cubierta, Dr Fridtjof Nansen puede llevar a cabo labores de investigación multidisciplinarios tanto a través de la observación directa como a través del despliegue de equipos y vehículos autónomos.

www.gondan.com



CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	
Información general	
Material de construcción	Acero
Tipo de buque	Buque de investigación oceanográfica y pesquera
Entrega	2017
Clasificación DNV-GL	1A1, EO, ICE-C, SPS, DYNOPRO-AUT, NAUT-AW, COMF-C(2)W(2), BMW-T, TIMON, Recyclable
Construido en cumplimiento con	Recomendación ICES Cooperative Research Report no. 209 – Ruido radiado al agua
Dimensiones principales	
Eslora total	74,5 m
Eslora entre perpendiculares	66,1 m
Manga	17,4 m
Puntal	8,6 m
Capacidades	
Combustible	Aprox. 490 m ³
Agua dulce	Aprox. 175 m ³
Lastre	Aprox. 450 m ³
Acomodación	
Tripulación	45, 15 tripulación + 30 científicos
Camarotes	19 camarotes individuales + 13 camarotes dobles
Laboratorios	Laboratorio CTD, Laboratorio Benthos/Plankton/Sediment, Dry Lab, Photo Lab, Climate Lab, Fish-dry Lab, Fish-wet Lab, Laboratorio Clean SW Sampling
Hangares	2, Hangar Principal + Hangar CTD
PRESTACIONES & MAQUINARIA	
Propulsión / Maniobra	
Tipo de propulsión	Diesel-Eléctrico
Motores principales	1 x MAK 6M20C, 1140 kW + 2 x MAK 9M20C, 1710 kW cada uno
Generadores principales	1 x Paso fijo, 5 palas, diámetro 3600 mm, 3000kW
Hélice Azimutal retráctil	1 x Brunvoll FU 63LRC-1750, 600kW, Super Silent
Hélice de maniobra a proa	1 x Brunvoll AR 63LNC-1650, 860 kW
Hélice de maniobra a popa	1 x Brunvoll FU 63LTC-1550, 600kW con configuración de bajo ruido
Velocidad y consumo	
Velocidad máxima	14 nudos
Velocidad económica	10 Kn
Tiro a la bita a 4 nudos	30 t
EQUIPOS PRINCIPALES	
Equipos de cubierta / Especiales	
Grúas	1 x grúa cubierta principal 7,5 t a 16 m + 1 x grúa en popa 3 t a 14,9 m + 1 x grúa estribor 1,5 t a 14,5 m + 1 x grúa de provisiones 3 t a 10m
Bote Auxiliar de Oceanografía	1 x Gondan G10 WB capacidad 10 personas, velocidad 20 nudos
Bote de Rescate	1 x FRB WEEDO 600 capacidad 6 personas, 220 Cv Velocidad max. 34 nudos
A-Frame Popa	10 t carga, 170º movimiento abatible
A-Frame Hangar Principal	15 t carga, 170º movimiento abatible
L-Frame Hangar CTD	3 t carga, dimensiones del CTD 1100mm x 1750mm
Equipo oceanográfico de cubierta	17 x Rapp Marine winches científicos y de pesca