



Universidad
Politécnica
de Cartagena



Escuela Técnica Superior de Ingeniería Naval y Oceánica
Grado en Arquitectura Naval e Ingeniería de
Sistemas Marinos

Transformación del buque Ciudad de Cartagena en un buque escuela

TRABAJO FIN DE GRADO

Autora: Begoña García Vidal

2021

Director: José Enrique Gutiérrez Romero
Codirector: Jerónimo Antonio Esteve Pérez

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA





Índice

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN	1
1.1.INTRODUCCIÓN.....	2
1.2.JUSTIFICACIÓN DE LA TRANSFORMACIÓN	2
CAPÍTULO 2. MODELIZACIÓN 3D DEL BUQUE	5
2.1.INTRODUCCIÓN.....	6
2.2.DATOS PRINCIPALES	6
2.3.MODELADO DE LAS FORMAS DEL CASCO.....	6
2.3.1.Introducción del plano de formas y formación de curvas	7
2.3.2.Posición de las curvas y creación de curvas finales	7
2.3.3.Superficie del casco.....	9
2.3.4. Alisado de la superficie del casco	9
2.3.5. Modelado del casco completo	10
2.4. MODELIZACIÓN DE LOS DEMÁS ELEMENTOS DEL BUQUE	11
CAPÍTULO 3. PRIMERA TRANSFORMACIÓN: CAMBIOS EN LA DISPOSICIÓN ACTUAL DEL BUQUE	13
3.1.INTRODUCCIÓN.....	14
3.2.ELIMINACIÓN DE LOS ELEMENTOS DE PESCA	14
3.3. CAMBIO DE POSICIÓN DE LA ESCOTILLA HACIA LA CUBIERTA DE BODEGAS	17
3.4. CAMBIO DE LA SITUACIÓN DEL ALTERNADOR DE EMERGENCIA.....	19
CAPÍTULO 4. SEGUNDA TRANSFORMACIÓN: CREACIÓN DE UN AULA Y UN LABORATORIO	21
4.1.INTRODUCCIÓN.....	22
4.2.CREACIÓN DEL AULA.....	22
4.3.CREACIÓN DEL LABORATORIO	25
CAPÍTULO 5. VENTILACIÓN DE LOS NUEVOS LOCALES	29
5.1.INTRODUCCIÓN.....	30
5.2.CONDICIONES CLIMÁTICAS DEL LUGAR GEOGRÁFICO Y DE LOS COMPARTIMENTOS.....	30
5.3.CÁLCULO DE LA VENTILACIÓN DEL AULA.....	31
5.3.1. Cálculo de la ventilación en las condiciones climáticas de verano	33
5.3.2. Cálculo de la ventilación en las condiciones climáticas de invierno.....	37
5.4.CÁLCULO DE LA VENTILACIÓN DEL LABORATORIO	39
5.4.1. Cálculo de la ventilación en las condiciones climáticas de verano	40
5.4.2. Cálculo de la ventilación en las condiciones climáticas de invierno.....	41
5.5.CÁLCULO DE LA VENTILACIÓN DEL COMPARTIMENTO DEL GRUPO GENERADOR	42



CAPÍTULO 6. SISTEMA ELÉCTRICO CON LA NUEVA DISPOSICIÓN.....	47
6.1.INTRODUCCIÓN.....	48
6.2.CÁLCULO DE LA POTENCIA DE ILUMINACIÓN DEL AULA.....	48
6.3.CÁLCULO DE LA POTENCIA DE ILUMINACIÓN DEL LABORATORIO	51
6.4.CÁLCULO DE LA POTENCIA DE ILUMINACIÓN DEL COMPARTIMENTO DEL GRUPO GENERADOR	52
6.5.SISTEMA ELÉCTRICO	54
6.6.BALANCE ELÉCTRICO	56
CAPÍTULO 7. INSTALACIÓN DE UNA GRÚA EN LA CUBIERTA SUPERIOR	61
7.1.INTRODUCCIÓN.....	62
7.2. ELECCIÓN DE LA GRÚA Y SU POSICIÓN A BORDO	62
7.3.CÁLCULO DE CARGAS.....	63
7.3.1.Cargas de diseño.....	63
7.4 COMPROBACIÓN DE LA RESISTENCIA ESTRUCTURAL	68
CAPÍTULO 8. SISTEMA DE RECOGIDA DE BASURAS	73
8.1. INTRODUCCIÓN.....	74
8.2. SEABIN	74
8.3. TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE BASURA	80
CAPÍTULO 9. ESTABILIDAD DEL BUQUE	83
9.1. INTRODUCCIÓN.....	84
9.2. CÁLCULO DE LA CONDICIÓN FINAL DE ESTABILIDAD.....	84
9.2.1. Primera parte del procedimiento	86
9.2.2. Segunda parte del procedimiento	88
9.3. ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD.....	90
CONCLUSIONES	98
BIBLIOGRAFÍA.....	99
ANEXOS.....	100

Índice de figuras

Figura 1. Curvas dibujadas del casco	7
Figura 2. Posición de las curvas	8
Figura 3. Curvas 3D del casco.....	8
Figura 4. Superficie del casco	9
Figura 5. Alisado de la superficie.....	9
Figura 6. Superficie alisada	10
Figura 7. Mitades del casco.....	10
Figura 8. Casco terminado.....	11
Figura 9. Detalle de la quilla	11
Figura 10. Detalle del espejo.....	11
Figura 11. Detalle de la distribución de los compartimentos	12
Figura 12. Detalle del castillo.....	12
Figura 13. Modelo 3D del buque.....	12
Figura 14. Disposición general de la cubierta principal	14
Figura 15. Cambio de posición de la escotilla.....	18
Figura 16. Disposición del alternador de emergencia	19
Figura 17. Disposición del alternador de emergencia	20
Figura 18. Modelo 3D del compartimento del alternador	20
Figura 19. Espacio de la cubierta principal	23
Figura 20. Accesos al aula.....	23
Figura 21. Disposición del aula en planta	25
Figura 22. Modelo 3D del aula.....	25
Figura 23. Bodegas actuales del buque	26
Figura 24. Disposición del laboratorio	27
Figura 25. Modelo 3D del laboratorio.....	27
Figura 26. condiciones ideales de confort del aire dentro de un local.....	30
Figura 27. Calor desprendido por las personas según el tipo de actividad.....	34
Figura 28. Diagrama psicométrico	35
Figura 29. Distribución del alumbrado de la cubierta principal	55
Figura 30. Distribución de alumbrado del laboratorio	55
Figura.31. Medidas de la grúa	63
Figura 32. Segmentos de la estructura.....	69
Figura 33. Seabin.....	74
Figura 34. Cubo Seabin.....	75
Figura 35. Cesta del Seabin.....	75



Figura 36.Soporte Seabin	75
Figura 37. Dimensiones del Seabin.....	77
Figura 38. Funcionamiento Seabin.....	78
Figura 39. Funcionamiento de la Seabin	78
Figura 40. Unión de las Seabin	79
Figura 41:protección de los cables	80
Figura 42.Posición de los tanques de basura	81



Índice de tablas

Tabla 1. Medidas principales del buque	6
Tabla 2. Posición a bordo de los elementos de pesca	15
Tabla 3. Características del hueco de la escotilla	17
Tabla 4. Elementos del aula	24
Tabla 5. Límites del aula	31
Tabla 6. Coeficientes de intercambio de calor	32
Tabla 7. Coeficientes de conductividad térmica.....	32
Tabla 8. coeficientes de transmisión del calor de las superficies del aula.....	33
Tabla 9. Calores en la condición de verano.....	35
Tabla 10. resultados de la ventilación en condiciones de verano	37
Tabla 11. Calores en la condición de invierno	38
Tabla 12. Resultados de la ventilación en condiciones de invierno	38
Tabla 13. Límites del laboratorio	39
Tabla 14. Coeficientes de transmisión del calor de las superficies del laboratorio	39
Tabla 15. Calores en la condición de verano.....	40
Tabla 16. resultados de la ventilación en condiciones de verano	40
Tabla 17. Calores en la condición de invierno	41
Tabla 18. Resultados de la ventilación en condiciones de invierno	41
Tabla 19. Iluminancias de los locales del buque	48
Tabla 20. Tabla para el cálculo del factor de utilización.....	50
Tabla 21. Rendimiento de las lámparas.....	51
Tabla 22. Balance eléctrico situación de emergencia.....	56
Tabla 23. Balance eléctrico situación de puerto	57
Tabla 24. Balance eléctrico situación de navegación	57
Tabla 25. Balance eléctrico situación usando el seabin	58
Tabla 26. Resumen balance eléctrico	59
Tabla 27. Características de la grúa.....	62
Tabla 28. Tabla A1 coefficient C	66
Tabla 29. A-2. Design velocity pressure	67
Tabla 30. Cálculos del módulo del refuerzo (bao) actual.....	70
Tabla 31. Cálculos del módulo del refuerzo (longitudinal) actual	70
Tabla 32. Alturas de los ejes neutros.....	70
Tabla 33. Resultados de los baos y longitudinales	71
Tabla 34. Especificaciones técnicas Seabin	76
Tabla 35. Curvas hidrostáticas de partida del buque.....	86



Tabla 36. Curvas hidrostáticas con la eliminación de pesos	87
Tabla 37. Datos de los pesos que se eliminan	87
Tabla 38. Curvas hidrostáticas finales con la integración de pesos.....	88
Tabla 39. Datos de los pesos que se añaden.....	89
Tabla 40. Condición salida de puerto, 100% de combustible, provisiones, tripulantes y pasajeros con su equipaje.....	91
Tabla 41. Condición llegada a puerto con 10% del combustible, mita de las provisiones, tripulantes y pasajeros con su equipaje, peso de basura de plástico recogida por las Seabin	92
Tabla 42. Salida de puerto con 50% de combustible, provisiones, tripulantes y pasajeros con su equipaje	92
Tabla 43. Salida de puerto con 20% combustible, provisiones y tripulantes y pasajeros con su equipaje	93
Tabla 44. Comprobación de los criterios de estabilidad.....	94
Tabla 45. Salida de puerto 100% combustible, provisiones, tripulantes y pasajeros con su equipaje y peso elevado por la grúa en posición vertical.....	95
Tabla 46. Llegada a puerto 10% combustible , mitad de provisiones, tripulantes y pasajeros con su equipaje, basura recogida por Seabin y peso elevado por la grúa en posición vertical.....	95
Tabla 47. Salida de puerto 100% combustible, provisiones, tripulantes y pasajeros con su equipaje y peso elevado por la grúa en posición horizontal	96
Tabla 48. Llegada a puerto 10% combustible, mitad de las provisiones, tripulantes y pasajeros con su equipaje y peso elevado por la grúa en posición horizontal.....	96
Tabla 49. Comprobación de la estabilidad con la grúa en funcionamiento.....	97





CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN



1.1.INTRODUCCIÓN

Este trabajo va a consistir en la transformación del buque "*Ciudad de Cartagena*" en un buque escuela para uso de los alumnos de la Universidad Politécnica de Cartagena. Para llevar a cabo esta transformación, se van a realizar una serie de cambios en la disposición general del barco, así como la integración de nuevos elementos a bordo.

1.2.JUSTIFICACIÓN DE LA TRANSFORMACIÓN

Este trabajo de fin de grado surgió de la necesidad de darle una nueva utilidad al barco "*Ciudad de Cartagena*".

El barco "*Ciudad de Cartagena*" pertenece a la Universidad Politécnica de Cartagena y es un buque que en sus orígenes estuvo dedicado a la pesca de arrastre. Después, se le realizó un cambio para quitar toda la maquinaria relacionada con la pesca de arrastre y transformarlo en un buque que sirve de apoyo educativo al CIFP (Centro integrado de formación profesional) Hespérides. En la actualidad, este buque está atracado en el puerto de Cartagena, desde donde se puede ir y subir a bordo.

Como se mencionó anteriormente, el propósito del trabajo es darle una mayor utilidad, ya que el buque únicamente ofrece una visión general del mismo, pero no se pueden llevar a cabo ni clases ni investigaciones más allá de lo que dispone el buque a bordo. Las únicas actividades que se pueden realizar son experiencias de estabilidad en la cubierta superior, visualización del puente de gobierno y cámara de máquinas; y un recorrido por la cubierta principal, bodega y habilitación.

Es por ello que se proponen una serie de transformaciones en la disposición general que se resumen a continuación:

- Creación de un aula en la cubierta principal
- Creación de un laboratorio en la bodega
- Creación de un compartimento para el generador
- Instalación de una grúa en la cubierta superior
- Instalación de un sistema de recogida de basura de la superficie del mar

Estas transformaciones permitirán que el "*Ciudad de Cartagena*" tenga una amplia serie de usos, desde clases a bordo del buque, ya sea navegando o atracado en el puerto; investigaciones oceanográficas a bordo gracias al equipamiento de la clase; y también tendrá un uso medioambiental con el sistema de recogida de basuras, para el que se usará una tecnología innovadora.



Todo lo mencionado anteriormente servirá como apoyo para la formación de los alumnos de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Naval y Oceánica de la Universidad Politécnica de Cartagena, ya que se podrá realizar prácticas sobre conceptos que se ven en las clases de forma teórica, dando una mejor visión y entendimiento de los mismos.





CAPÍTULO 2. MODELIZACIÓN 3D DEL BUQUE

2.1.INTRODUCCIÓN

En este capítulo se explica el procedimiento que se ha seguido para crear el modelo 3D del buque "*Ciudad de Cartagena*". Para ello se utiliza el programa de modelado *Rhinoceros*, donde se usan las herramientas de modelado explicadas en los apuntes de la asignatura impartida en el grado "*dibujo naval*" (Ruiz Peñalver, L).

2.2.DATOS PRINCIPALES

El buque "*Ciudad de Cartagena*", como ya se mencionó anteriormente, originalmente fue un buque de pesca de arrastre, cuyos datos principales son los proporcionados por el plano de formas. En este plano aparecen las principales dimensiones del buque que se muestran a continuación en la *tabla 1*.

Tabla 1.Medidas principales del buque

Medidas principales del buque	
Eslora total	24 m
Eslora entre perpendiculares	19,5 m
Eslora de registro	21,75 m
Manga	6,3 m
Puntal de trazado	3 m
Asiento de proyecto	1 m
Sep. entre secciones	1,95 m
Sep. entre L. de agua	0,51 m
Sep. entre longitudinales	1,05 m
Brusca de la maestra	0,135 m

Estas dimensiones, junto con el plano de formas, son los datos de partida para comenzar el modelado en el programa *Rhinoceros*.

2.3.MODELADO DE LAS FORMAS DEL CASCO

El modelado del buque empieza con el diseño del casco. Los pasos del procedimiento que se lleva a cabo se describen en los siguientes subapartados.

2.3.1. Introducción del plano de formas y formación de curvas

El primer paso es la introducción del plano de formas en las vistas superior, frontal y derecha del programa *Rhinceros* . Para ello se utiliza la herramienta *4 vistas-bitmap de fondo-colocar bitmap de fondo*, de la barra de herramientas. Se elige la vista del plano que coincide con la vista del programa, y se sitúa en el punto $(0x,0y,0z)$ del plano el punto de intersección de la perpendicular de popa con la línea base. El siguiente paso es escalar el bitmap, que en este caso se elige la escala 1:50 y se trabaja en metros para facilitar los cálculos.

Una vez que ya está insertado el plano de formas, con la herramienta de *curvas de punto de control*, se va dibujando sobre el bitmap las cuadernas, las longitudinales y las líneas de agua en las diferentes vistas. Los elementos de cada vista se han dibujado en capas diferentes para facilitar el trabajo, al igual que sólo se trabaja con la mitad del casco, como se puede ver en la *figura 1*.

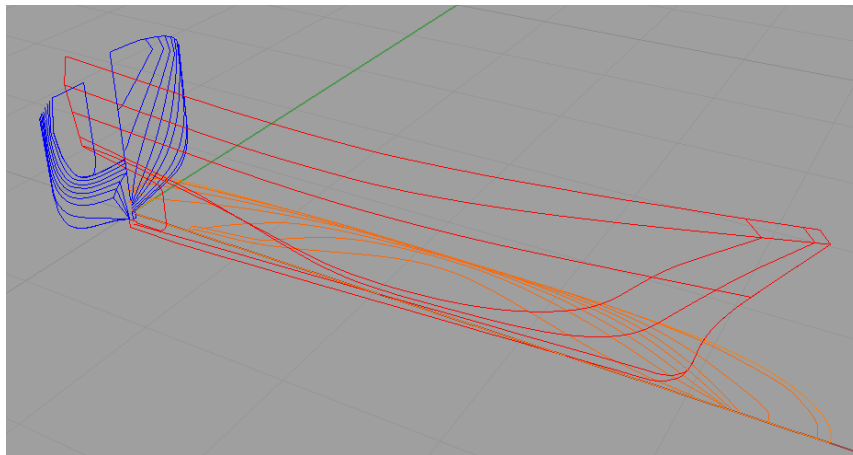


Figura 1. Curvas dibujadas del casco

2.3.2. Posición de las curvas y creación de curvas finales

El siguiente paso es posicionar cada una de las curvas en su posición real en el casco. Para ello se usa la herramienta *mover* y se van situando según el plano de formas.

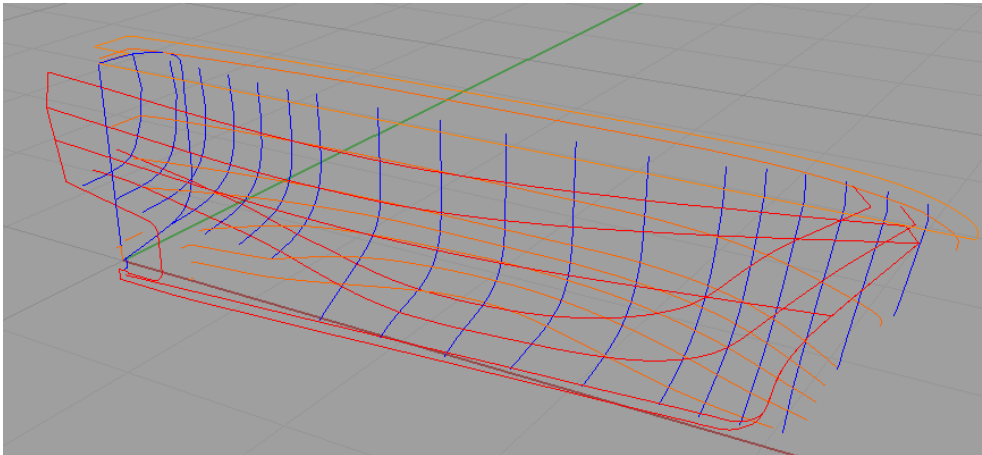


Figura 2. Posición de las curvas

Como se observa en la *figura 2*, las curvas no son del todo perfectas en los extremos. Esto es debido a pequeñas imprecisiones en el trazado de las mismas. Para que los extremos coincidan con el trazado de las curvas en otras direcciones, se retocan recortándolas.

Una vez modificadas las curvas se procede a crear las curvas 3D del modelo con el comando `_Crv2view`. Este comando crea la curva 3d a partir de dos curvas en 2D. Sin embargo, estas nuevas curvas 3D no son del todo perfectas, por lo que se tiene que modificar a mano moviendo los puntos de control de la curva. En la *figura 3* se muestra el resultado de este comando que, junto con las cuadernas, forman el modelo de alambre del casco.

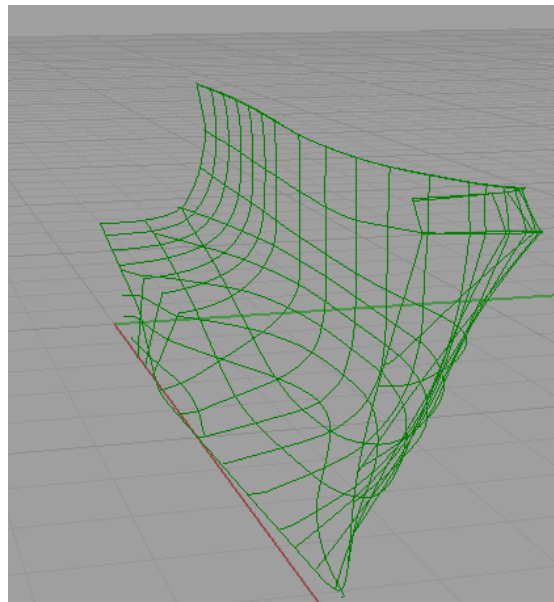


Figura 3. Curvas 3D del casco

2.3.3. Superficie del casco

Con el modelo de alambre anterior, ya se puede crear la superficie del casco a través de la herramienta *superficie-transición*. Este comando crea superficies a partir de dos líneas 3D. En este caso, las líneas 3D serán las creadas en el paso anterior, escogiéndolas de dos en dos. El resultado de la herramienta se puede observar en la *figura 4*.

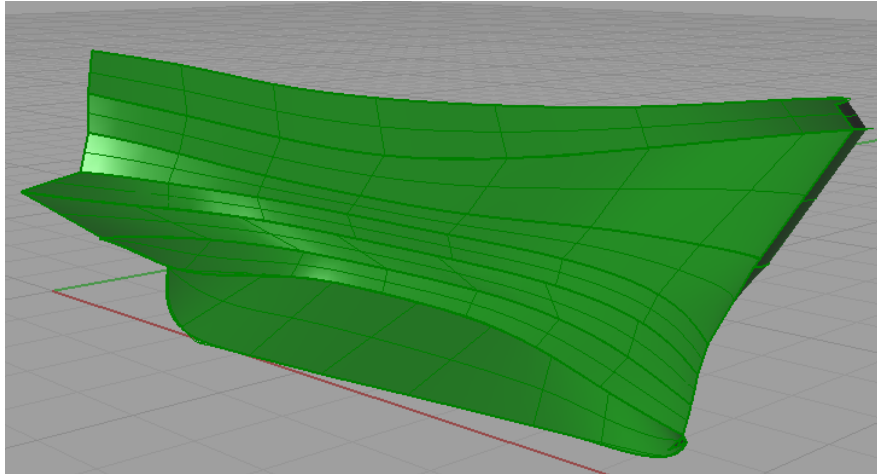


Figura 4. Superficie del casco

2.3.4. Alisado de la superficie del casco

Creada la superficie del casco, se pasa a comprobar el alisado de la misma con la herramienta *análisis-superficie-cebra*.

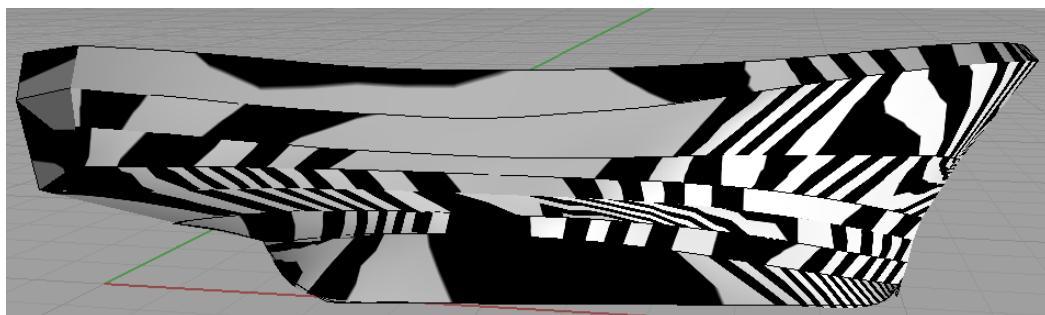


Figura 5. Alisado de la superficie

Como se puede observar en la *figura 5*, el alisado de la superficie es muy deficiente. Es preciso llevar a cabo un alisado para tener un mejor aspecto final del casco del buque. Para ello se igualan los bordes de las distintas superficies del casco con el comando *_igualarSup*. De esta manera se evitan tener huecos entre las superficies haciendo coincidir los bordes, es decir, uniendo las superficies. Una vez que se han unido los bordes de las superficies, se reconstruye con el comando *_Reconstruir*. El resultado de este comando se muestra en la *figura 6*.

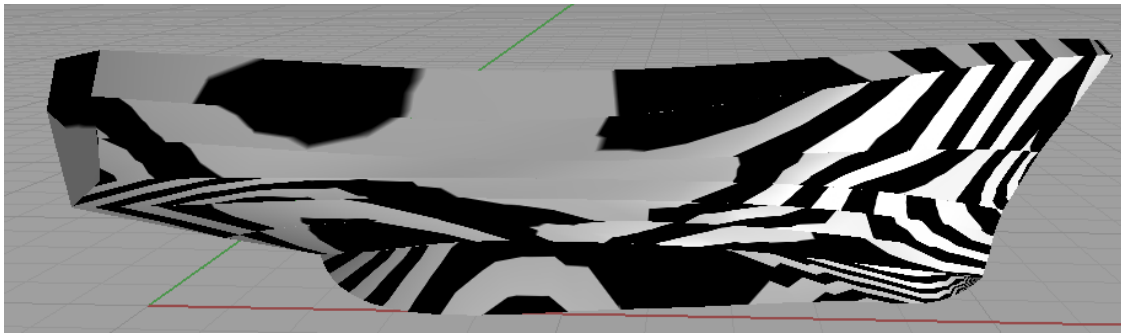


Figura 6. Superficie alisada

Con este alisado, la superficie del casco presenta un mejor aspecto. Sin embargo, no es del todo perfecto, por lo que se tendría que modificar algunas zonas actuando sobre los puntos de control de cada superficie, pero eso daría lugar a un casco que se alejaría bastante de las formas del casco real. La precisión de este último alisado se toma como válida para este proyecto.

2.3.5. Modelado del casco completo

Realizados todos los pasos anteriores, es el momento de unir el casco del buque con su otra mitad. Para ello se crea la superficie con la herramienta *mover-reflejar* (figura 7).

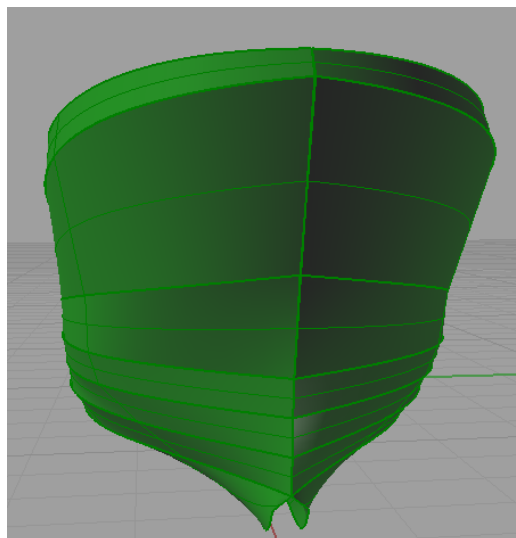


Figura 7. Mitades del casco

Por último, se cierra el casco en la zona de crujía y el espejo con superficies, dejando el casco completamente terminado (figura 8).

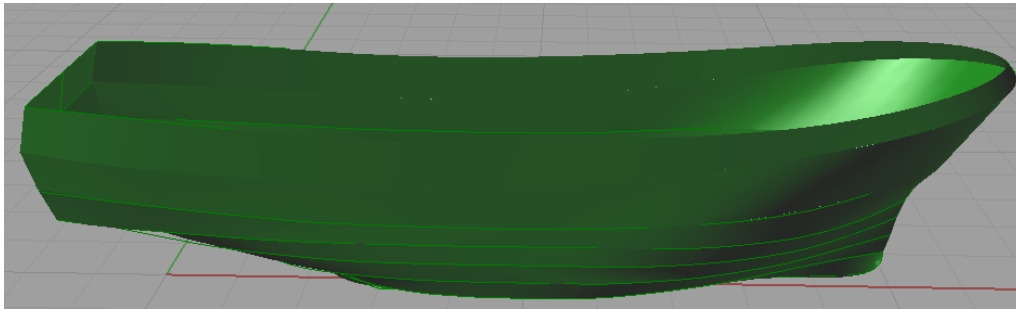


Figura 8. Casco terminado

2.4. MODELIZACIÓN DE LOS DEMÁS ELEMENTOS DEL BUQUE

Con el casco completamente terminado, se procede a crear los demás elementos de la estructura del buque, tales como las cubiertas, quilla, caja de estiba del cabo de las nasas, castillo, escalas, grúa, y demás elementos a bordo, para poder obtener un modelo 3D del buque lo más exacto posible. Algunos de los elementos se han creado siguiendo los mismos pasos descritos anteriormente y otros han sido añadidos a través de Grabcad debido a su complejidad en el diseño.

A continuación, se muestran en las *figuras 9,10,11 y 12*, los elementos estructurales mencionados, y en la *figura 13* el modelo 3D del buque acabado.

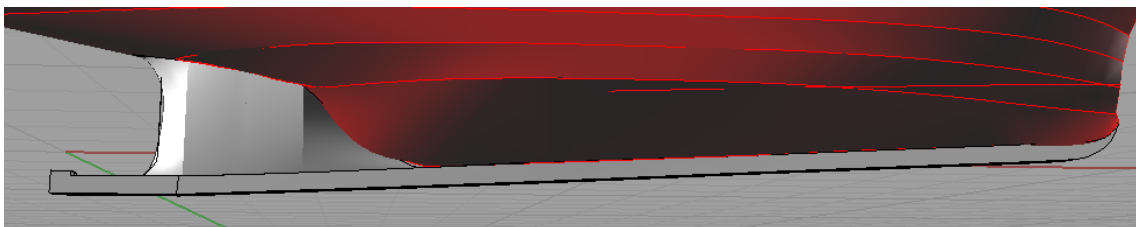


Figura 9. Detalle de la quilla

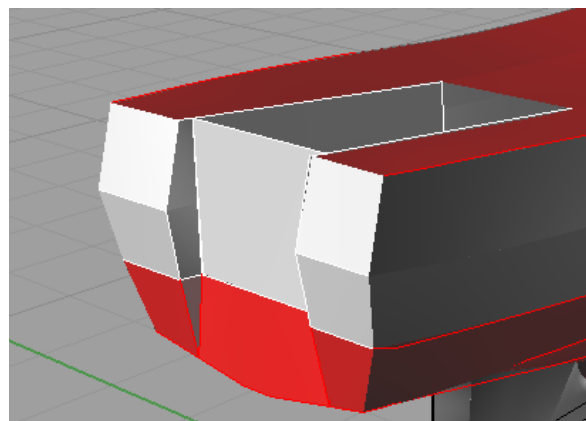


Figura 10. Detalle del espejo

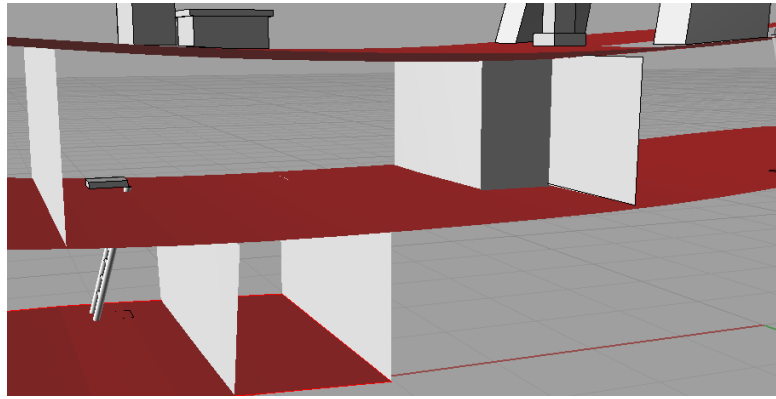


Figura 11. Detalle de la distribución de los compartimentos

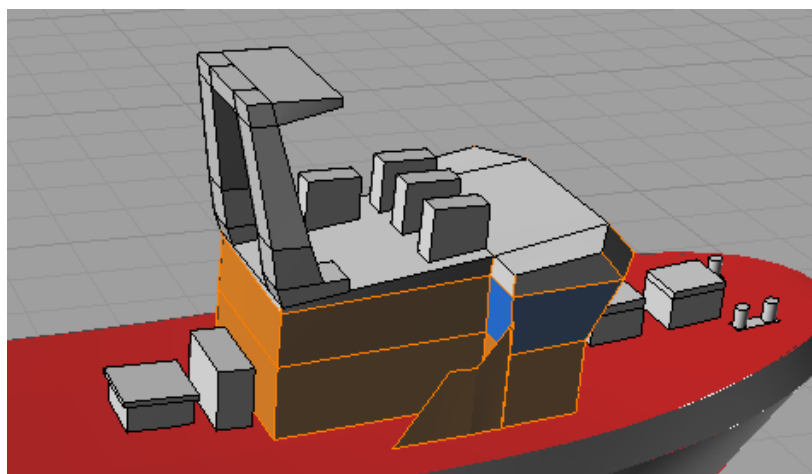


Figura 12. Detalle del castillo

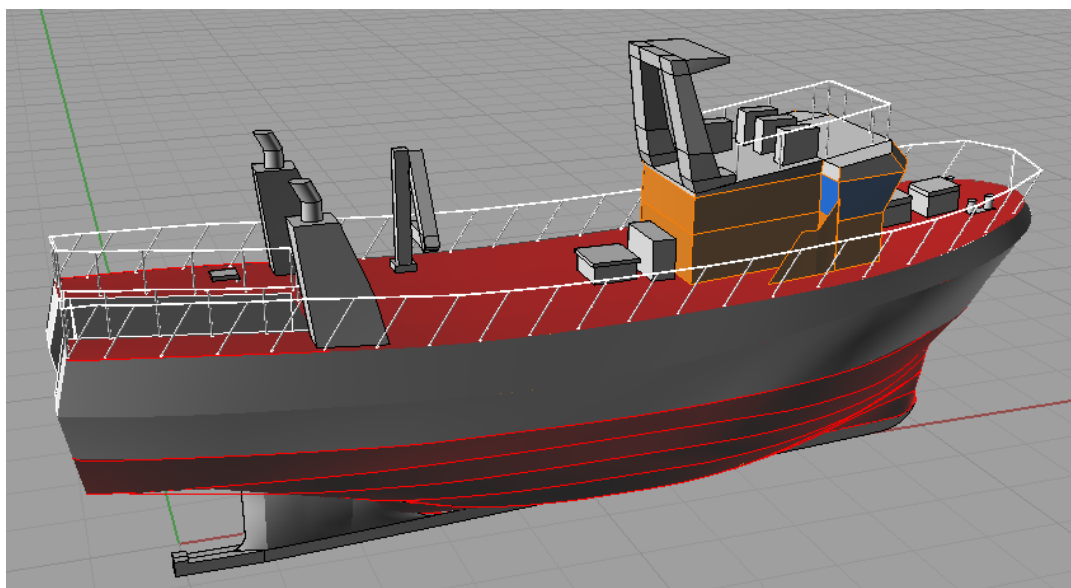


Figura 13. Modelo 3D del buque



CAPÍTULO 3. PRIMERA TRANSFORMACIÓN: CAMBIOS EN LA DISPOSICIÓN ACTUAL DEL BUQUE

3.1.INTRODUCCIÓN

En este capítulo se van a explicar todas las transformaciones previas a la instalación de la clase y el laboratorio que se van a realizar en el buque. Estas transformaciones surgen de la necesidad de eliminar todos los componentes y maquinaria a bordo que ya no van a usarse para las nuevas funciones del buque, concretamente toda la instalación de pesca. Así se puede hacer una estimación del espacio y de la posición de los nuevos pesos.

La cubierta que más cambios va a sufrir es la cubierta principal donde se encuentran la mayoría de elementos inservibles. Aunque las clases y las investigaciones que se van a realizar en el buque serán de pocas horas y no se va a alejar de la zona costera, la zona de habilitación se va a mantener. Los compartimentos de estribor siguen teniendo su función como pañoles y la cocina a bordo es necesaria para facilitar la habitabilidad de las operaciones.

En cada uno de los siguientes apartados se explican todos los cambios que se realizan.

3.2.ELIMINACIÓN DE LOS ELEMENTOS DE PESCA

La disposición de la cubierta principal actual es la que se muestra a continuación en la *figura 14*:

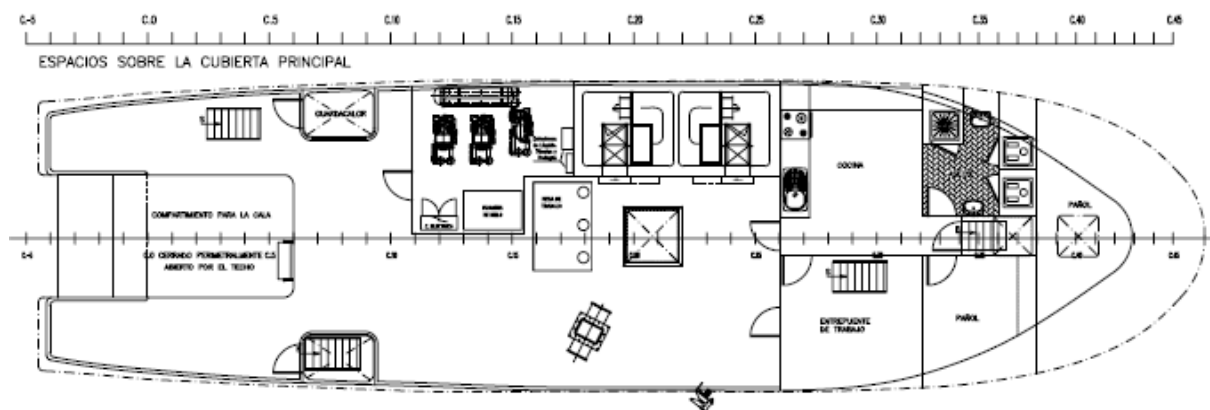


Figura 14. Disposición general de la cubierta principal

En esta vista en planta de la cubierta principal, se puede ver a babor el local de compresores de la maquinaria frigorífica y los túneles de congelación de las anteriores actividades pesqueras del barco. A proa la zona de habilitación. En uno de los pañoles de estribor hay un acceso al puente de gobierno. En crujía, a popa está la caja para el cabo de las nasas. Hacia la sección media, en crujía, está la escotilla de la bodega y también la mesa de trabajo inoxidable. En la banda de estribor se encuentra la maquinilla de pesca y el guiador para la maquinilla. El acceso principal a esta cubierta es la escala que hay a popa en babor. A

esta disposición hay que añadirle el diesel generador de emergencia que se encuentra a estribor del compartimento del local de los compresores.

Estos tres elementos, cámaras frigoríficas, mesa de trabajo inoxidable y equipo de cubierta para la pesca con nasas, no son útiles para las nuevas funciones del barco, como se mencionó anteriormente, y por lo tanto serán eliminados.

El peso de las instalaciones frigoríficas y congeladoras es de 5,2 t, tal y como se indica en la hoja de buque en rosca del cuaderno de estabilidad del buque después de la última reforma. A su vez, el peso de la mesa de trabajo inoxidable es de 0,15 t y el del equipo de pesca con nasas de 0,25 t.

Su posición a bordo, según el mismo cuaderno de estabilidad, es la que se muestra en la *tabla 2*:

Tabla 2. Posición a bordo de los elementos de pesca

Posición a bordo de los elementos de pesca			
	XG (m)	KG (m)	YG (m)
Instalaciones frigoríficas y congeladoras	8	3,9	-2,05
Mesa de trabajo	5	4	-0,5
Equipo de cubierta para pesca de nasas	3	4,2	1,58

La posición YG para estos elementos no aparece señalada en el cuaderno de estabilidad, se ha estimado escalando el plano de la cubierta principal, cuyos resultados son los de la *tabla 2*. Las instalaciones frigoríficas y congeladoras es el peso más grande, y es el que más va a condicionar la estabilidad del buque al ser eliminado. Cuando se eliminan los pesos que no son necesarios para las nuevas funciones del buque, siguiendo el procedimiento que se explica con más detalle en el capítulo 9, en el apartado 9.2, se produce una escora hacia estribor de 4,77°. Este ángulo es el que se tiene que contrarrestar con la nueva disposición a bordo de los nuevos elementos.

Debido a dificultades que han aparecido en la distribución de la nueva disposición y en los cálculos de estabilidad final del buque a lo largo de este trabajo, ha sido imposible contrarrestar este ángulo de escora de 4,77° a estribor ya que, con la disposición final, el buque adquiere una escora mayor de 5,15° hacia la misma banda anterior. Como se ha indicado antes, el peso más culpable de esta escora es el de las instalaciones frigoríficas y congeladoras.

Una solución a este problema es usar los tanques de combustible del doble fondo como tanques de lastre líquido para poder contrarrestar este ángulo de escora hacia la banda de estribor.



Los tanques escogidos son: el tanque de combustible tc.4 de la banda de babor, con una capacidad de $3,743 \text{ m}^3$, y cuyas coordenadas de su centro de gravedad son (Xg: 10,25 m; Yg: -1,445 m; Kg: 0,488 m); y el tanque de combustible tc.3 de la banda de babor, con una capacidad de $4,47 \text{ m}^3$, y cuyas coordenadas de su centro de gravedad son (Xg: 13,25 m; Yg: -1,395 m; Kg: 0,488 m). Estos datos se han extraído del *cuaderno de estabilidad del buque*.

Se han seleccionado estos tanques porque sus coordenadas Yg son las que más se aproximan a la del peso de las instalaciones frigoríficas y congeladoras, y por lo tanto, son los que más pueden contrarrestar el ángulo de escora que se produce. Si se considera la densidad del agua de mar como $1,025 \text{ t/m}^3$, las toneladas de capacidad del tanque tc.4 son 3,837 t y las del tanque tc.3 son 4,58 t. Llenando estos tanques de lastre, cuyo peso es aproximado al de las instalaciones frigoríficas y congeladoras, se calcula el ángulo de escora que se produce con la nueva disposición a bordo siguiendo el procedimiento del capítulo 9. Este ángulo de escora final es de $0,03^\circ$ hacia babor, muy próximo a 0° , por lo que se puede considerar el buque adrizado.

El peso de todos los mamparos del buque se ha estimado con la siguiente ecuación:

$$P = L * H * t * \rho \quad (1)$$

donde

L =longitud del mamparo en m.

H =puntal del mamparo en m.

t =espesor del mamparo en m.

ρ = densidad del acero naval, cuyo valor es de 7850 kg/m^3 .

Según esta ecuación, el peso de los mamparos del compartimento de las cámaras frigoríficas se ha estimado de la siguiente manera:

Peso Mamparo transversal popa = $2,784 * 2,2 * 0,004 * 7850 = 192,315 \text{ kg}$

Peso Mamparo transversal proa = $1,137 * 2,2 * 0,004 * 7850 = 78,523 \text{ kg}$

Peso Mamparo longitudinal corto = $2,293 * 2,2 * 0,004 * 7850 = 158,401 \text{ kg}$

Peso Mamparo longitudinal largo = $4,792 * 2,2 * 0,004 * 7850 = 331,038 \text{ kg}$

Estos mamparos serán eliminados a través de un oxicorte.

3.3. CAMBIO DE POSICIÓN DE LA ESCOTILLA HACIA LA CUBIERTA DE BODEGAS

El buque dispone de una escotilla situada en la cubierta principal, en crujía. Esta escotilla permite el acceso hacia la bodega. Este elemento es imprescindible para la nueva disposición, ya que se sigue necesitando el acceso a la bodega donde se instalará el laboratorio.

Como se verá con más detalle en el siguiente capítulo, el espacio ocupado por la escotilla es necesario para la clase. La escotilla entorpece la disposición de las mesas y sillas. Es preciso cambiarla de posición y moverla hacia estribor, donde no estorbará con el nuevo mobiliario.

El primer paso es quitar, con un oxicorte, la tapa y las brazolas de la escotilla, cuyos pesos se han estimado con la ecuación (1).

$$\text{Peso Brazola Popa} = 1,117 \cdot 1 \cdot 0,004 \cdot 7850 = 35,087 \text{ kg}$$

$$\text{Peso Brazola Proa} = 1,117 \cdot 1 \cdot 0,004 \cdot 7850 = 35,087 \text{ kg}$$

$$\text{Peso Brazola Estribor} = 1,061 \cdot 1 \cdot 0,004 \cdot 7850 = 33,322 \text{ kg}$$

$$\text{Peso Brazola Babor} = 1,061 \cdot 1 \cdot 0,004 \cdot 7850 = 33,322 \text{ kg}$$

$$\text{Peso Tapa escotilla} = 1,061 \cdot 1,117 \cdot 0,004 \cdot 7850 = 37,236 \text{ kg}$$

El segundo paso es tapar el hueco de la escotilla, soldando una plancha de dimensión igual al hueco y con un espesor igual que el de la cubierta principal, Por último, se refuerza la plancha con los refuerzos de la cubierta principal que pasen por esta abertura. En la *tabla 3* se muestran las características del espacio de la escotilla.

Tabla 3. Características del hueco de la escotilla

Características del espacio de la escotilla	
Medidas del hueco (largo x ancho)	1,061x1,117m
Espesor de la cubierta principal	6 mm
Espesor de los baos (perfil en L)	5 mm
Espaciado entre baos (perfil en L)	33 cm
Medidas del ala del bao	8cm x 1cm de espesor
Medidas del alma del bao	10cm x 1cm de espesor
Espesor de los longitudinales (perfil en L)	5 mm
Espaciado entre longitudinales (perfil en L)	50 cm

Medidas del ala del longitudinal	8cm x 1cm de espesor
Medidas del alma del longitudinal	10 cm x 1cm de espesor

El peso de cada uno de los elementos se ha estimado de nuevo con la ecuación (1):

$$\text{Peso de la plancha de la cubierta} = 1,061 * 1,117 * 0,006 * 7850 = 55,853 \text{ kg}$$

$$\text{Peso de los Baos} = (\text{Peso del Alma} + \text{Peso del Ala}) * 3 = ((1,117 * 0,08 * 0,005 * 7850) + (1,117 * 0,1 * 0,005 * 7850)) = 7,892 * 3 = 23,675 \text{ kg}$$

$$\text{Peso del refuerzo longitudinal} = \text{Peso del Alma} + \text{Peso del Ala} = (1,061 * 0,08 * 0,005 * 7850) + (1,061 * 0,1 * 0,005 * 7850) = 7,496 \text{ kg}$$

El último paso es abrir la nueva abertura de la escotilla en su posición final. Para ello se utiliza un oxicorte para quitar tanto la plancha de la cubierta como los refuerzos que la soportan, todos ellos con unas características iguales a las de la tabla anterior. La escala, con un peso estimado de 9 kg, se traslada de un espacio a otro y se ponen las brazolas y la tapas que se han quitado en la escotilla original. La nueva escotilla estará en la banda de estribor y hacia proa de su posición original. En la *figura 15* se puede observar la posición final de la nueva escotilla.

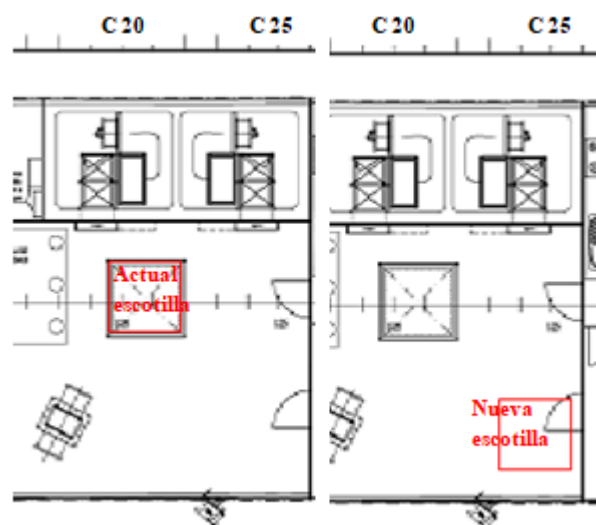


Figura 15. Cambio de posición de la escotilla

3.4. CAMBIO DE LA SITUACIÓN DEL ALTERNADOR DE EMERGENCIA

El alternador de emergencia del buque actualmente se encuentra en la cubierta principal, situado más o menos en crujía, como se puede ver en la *figura 16*:

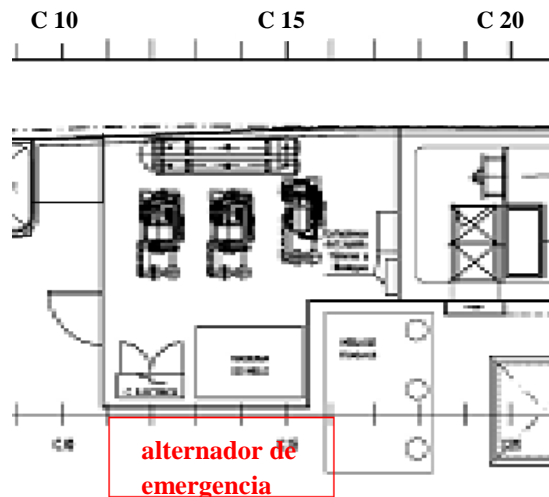


Figura 16. Disposición del alternador de emergencia

Debido al cambio de disposición de esta cubierta, resulta imposible mantenerlo en esa posición, ya que estorba al encontrarse en medio de lo que va a ser la clase. Por lo tanto, se necesita cambiarlo de sitio. Según la normativa, el alternador de emergencia tiene que estar en una cubierta por encima de la línea de flotación, por lo que se tiene que mantener en la cubierta principal. La mejor posición, tanto por espacio como estabilidad, es trasladarlo a la banda de estribor, situarlo a proa del acceso a la cámara de máquinas y girarlo 90° con respecto a su posición actual.

Por otro lado, para poder cubrir las nuevas necesidades energéticas en caso de emergencia, se ha cambiado el alternador por el modelo Solé Diesel 84 GTA/GTAC, con una potencia de 66,9 kw que, como se verá en el capítulo 6, se comprobará que cubre la potencia necesaria.

El alternador de emergencia además, cuando está en funcionamiento, emite un ruido bastante molesto. Aunque en teoría sólo estará arrancado en situaciones de emergencia, es necesario aislarlo en un compartimento, tal y como se muestra en la *figura 17*:

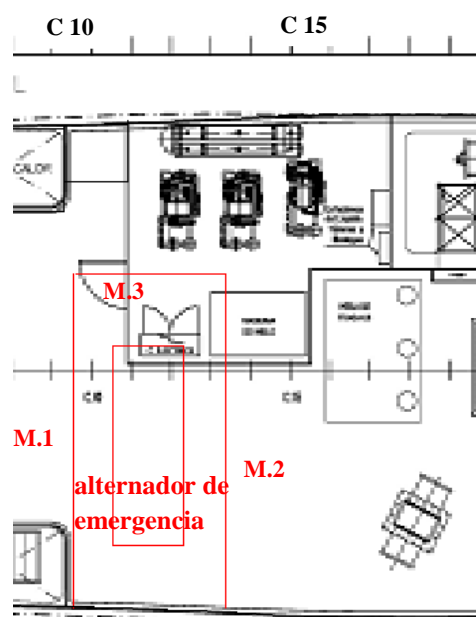


Figura 17. Disposición del alternador de emergencia

Este compartimento tendrá un punto de luz y estará ventilado. Cumplirá también con la normativa de seguridad contra incendios, por lo que sus mamparos serán de acero de clase A. Los pesos de los mamparos son, siguiendo la ecuación (1):

$$\text{Peso M.1} = \text{Peso M.2} = 3,930 * 2,2 * 0,002 * 7850 = 271,503 \text{ kg}$$

$$\text{Peso M.3} = 1,711 * 2,2 * 0,002 * 7850 = 118,228 \text{ kg}$$

En esta *figura 18* se puede ver el modelo 3D del compartimento del alternador generado con el programa *Rhinoceros*.

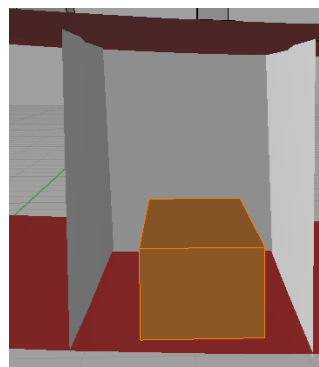


Figura 18. Modelo 3D del compartimento del alternador



CAPÍTULO 4. SEGUNDA TRANSFORMACIÓN: CREACIÓN DE UN AULA Y UN LABORATORIO



4.1.INTRODUCCIÓN

Como se ha mencionado anteriormente, el propósito del barco es poder realizar clases e investigaciones a bordo, y para ello es necesario adecuar los espacios disponibles para poder crear un aula y un laboratorio.

Es importante destacar que las personas que van a estar en el aula y en el laboratorio van a ser tratadas como categoría de pasajeros y, como se verá en el siguiente apartado, el número máximo de personas en el aula son 13, por lo que el buque pasa a estar en la categoría de buques de pasaje al superarse el número de 12 pasajeros a bordo. Esto significa que toda la normativa usada en el trabajo va a basarse en la estipulada para buques de pasaje, como por ejemplo puede verse en el capítulo 9 de estabilidad.

Como el número máximo de pasajeros a bordo va a ser de 13 personas, que son las que están en el aula, para evitar un número alto de pasajeros, no se van a usar a la vez el aula y el laboratorio.

En cuanto a los dispositivos y medios de salvamento, se dispondrá en la cubierta superior de 8 aros salvavidas, 4 a cada banda, tal y como establece la normativa del *capítulo de dispositivos y medios de salvamento, SOLAS, (IMO, 1974)*. Al igual que se dispondrá de dos balsas salvavidas a cada banda de la cubierta superior, ambas con capacidad para el 150% del total de los pasajeros a bordo. También habrá un chaleco salvavidas para cada pasajero y miembro de la tripulación, con un margen del 5% en el número total de chalecos. Estos chalecos estarán distribuidos en dos puntos, uno en la cubierta superior y otro en la cubierta principal, ambos con capacidad para el número total de chalecos.

Para poder formar los espacios y tener el plano de los mismos con su nueva disposición, se ha usado el programa de modelado *Rhinoceros*, donde se han introducido los planos de las vista en planta de la cubierta principal y la cubierta de bodegas. Para poder saber el tamaño de los elementos que se han añadido dentro del aula y el laboratorio, se han escalado las dimensiones.

4.2.CREACIÓN DEL AULA

Para crear un aula que acoja al número de pasajeros mencionado anteriormente, se necesita un gran espacio a bordo. Al haber eliminado toda la maquinaria de pesca y trasladado el alternador a proa del acceso a la cámara de máquinas, la cubierta principal se queda con un gran espacio libre localizado a popa de la habilitación actual. Este espacio tiene aproximadamente 30,33 m², lo que lo convierte en el lugar ideal para crear la clase. En la *figura 19* se puede observar este espacio, aunque se mostrará con más detalle en los planos de esta cubierta en el anexo.

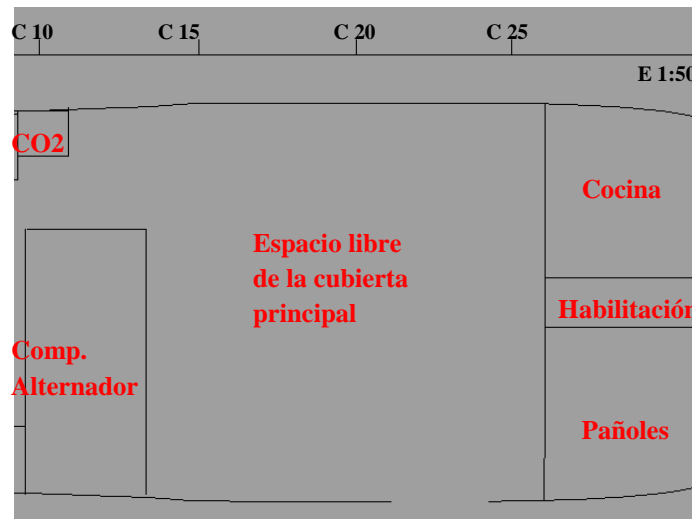


Figura 19. Espacio de la cubierta principal

Elegida la posición del aula, el siguiente paso es cerrarla para formar el compartimento. Como se puede ver en la *figura 19*, el espacio queda abierto por popa, a la banda de babor. Aquí se pondrá un mamparo con una porta, haciendo que este sea el acceso al aula por popa. Por proa tendrá otro acceso desde la zona de habilitación, a través de la escala que va desde el pañol de popa hasta el puente de gobierno. Así se tienen dos accesos al aula que dan una mayor seguridad en caso de emergencia.

Otra de las modificaciones es tapar la abertura que hay en el costado de estribor, ya que resulta molesto para las clases tener esa abertura en el costado. La abertura se tapa soldando al casco una plancha que tiene las mismas dimensiones del hueco y el mismo espesor del costado del buque. En la *figura 20* se pueden ver los accesos y el lugar donde estaba la abertura en el costado.

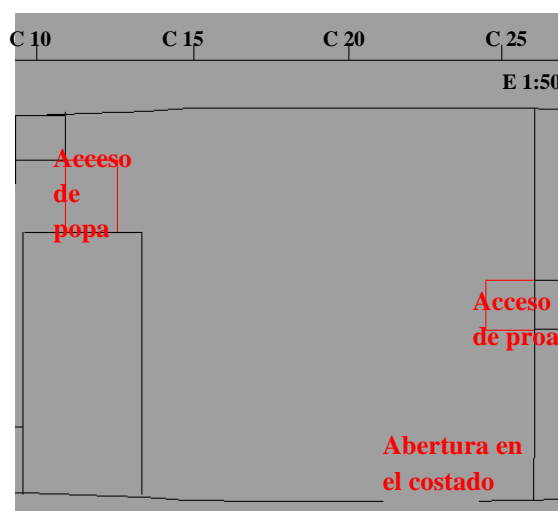


Figura 20. Accesos al aula

El aula se va a considerar como un local de trabajo y, según el *Anexo I: Condiciones de seguridad en los lugares de trabajo, del Real Decreto 486/1997 (Boletín Oficial del Estado, 1997)*, el espacio ideal para cada persona en este tipo de locales para garantizar la seguridad es de 2 m². Esto supone que en la clase entrarían 15 personas. Sin embargo, se considera que es un número demasiado alto, por lo que se establece que el número de personas sea de 13, 12 alumnos y un profesor.

Una vez estimado el número de personas (pasajeros), a continuación se da paso a la distribución del mobiliario de la clase. Este mobiliario va a estar compuesto por los elementos básicos que se encuentran en un aula, que son mesas, sillas, una pizarra y un proyector.

El mobiliario tiene que estar con una disposición que no condicione mucho la estabilidad. El mayor problema que surge con la estabilidad es el ángulo de escora que se puede producir. Como ya se mencionó en el capítulo anterior, quitar la maquinaria de pesca supone tener un ángulo de escora, que hay que contrarrestar con la disposición de los demás elementos a bordo. Por tanto, para que el buque quede adrizado, las mesas y sillas de los alumnos, que suponen el mayor peso del aula, van a estar situadas lo más centradas posible a crujía, para evitar tener un ángulo de escora mayor. Esta zona para los alumnos se distribuye en dos filas de seis mesas cada una, situadas en la popa para poder aprovechar mejor el espacio.

La pizarra está también centrada en crujía enfrente de las mesas de los alumnos, para tener una buena visibilidad de la misma. De la misma manera el proyector está centrado en crujía y en alto enfrente de la pizarra. La mesa y silla del profesor están situadas a proa de la clase, a la banda de babor, para no entorpecer la visibilidad de la pizarra. Hay que recordar, como se comentó en el capítulo anterior, que en este local está el acceso a la bodega del buque. La escotilla se sitúa a la banda de estribor para no entorpecer con las mesas de los alumnos, permitiendo que éstas queden centradas en crujía y no provoquen un ángulo de escora.

Los pesos de todos estos nuevos elementos se resumen en la *tabla 4*. Los pesos del mamparo y la plancha se estiman usando la ecuación (1). Los pesos del resto de elementos se obtiene de un catálogo de mobiliario escolar.

Tabla 4. Elementos del aula

Elementos del aula	Peso
13 mesas	91 kg
13 sillas	26 kg
1 pizarra	7 kg
1 proyector	13 kg
Mamparo de popa con porta	118,228 kg
Plancha abertura del casco	109,9 kg

Para acabar, en las *figuras 21 y 22* se puede ver de manera más gráfica todas la distribución de la clase, desde una vista en planta del aula y desde el modelo 3D del buque. En los planos del anexo se puede ver la distribución con más detalle.

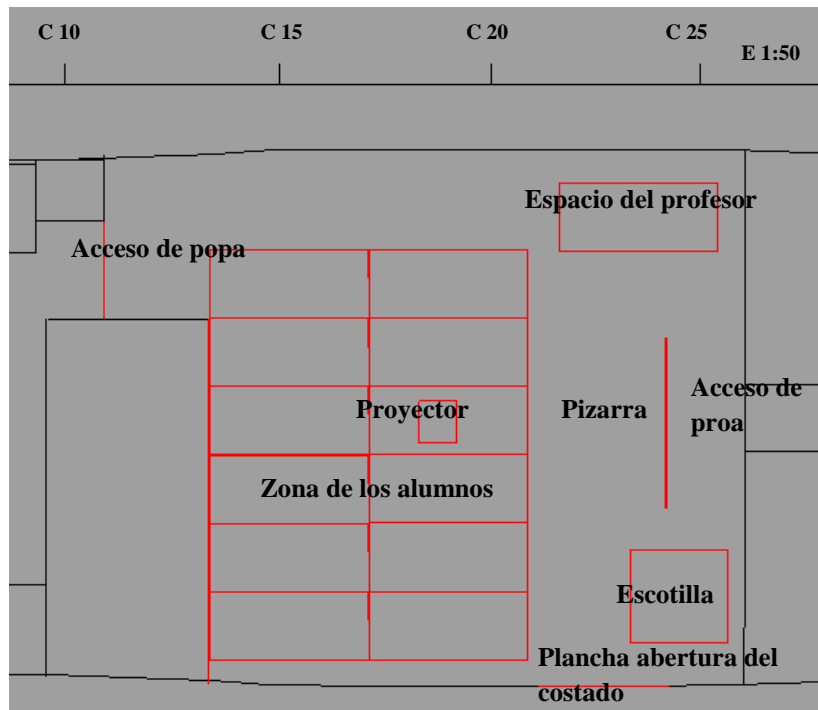


Figura 21. Disposición del aula en planta

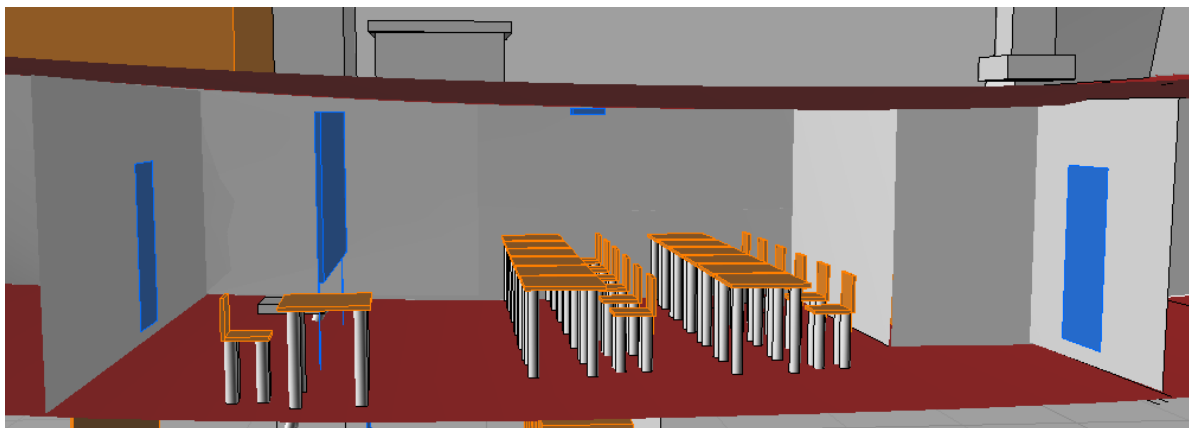


Figura 22. Modelo 3D del aula

4.3.CREACIÓN DEL LABORATORIO

La creación de un laboratorio a bordo requiere de un espacio de dimensiones similares al aula creada en el apartado anterior. Como la cubierta principal está ocupada y no dispone

de espacio suficiente, se decide aprovechar las bodegas que se sitúan en la cubierta inferior a la cubierta principal.

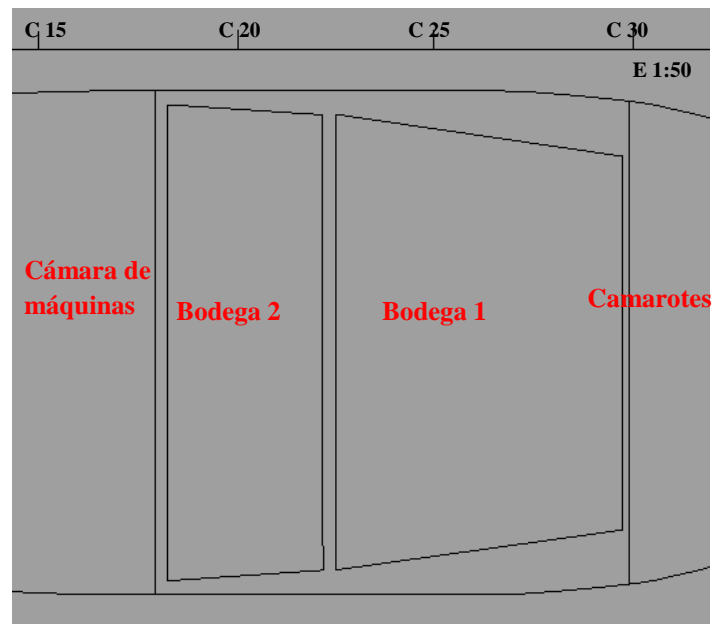


Figura 23. Bodegas actuales del buque

Como se puede ver en la *figura 23*, las bodegas están divididas en dos compartimentos, con un acceso entre ellos para permitir el paso de una bodega a otra. Estos compartimentos se van a mantener en la nueva disposición, separando al laboratorio en dos áreas.

El laboratorio va a disponer de todos los aparatos necesarios para poder realizar investigaciones en alta mar (mareógrafos, sensores, caudalímetros, correntímetros, termómetros, dispositivos múltiples para el muestreo de agua, medidores de salinidad, ADCPS, etc.). Debido a esto se necesita mobiliario para poder situar todos estos aparatos, por lo que se acondiciona con mesas, armarios y demás muebles.

Estos aparatos están distribuidos de la mejor manera para que no se produzca un ángulo de escora, como ocurría en el caso de la clase, y mantenga al buque adrizado. También hay que tener en cuenta la escotilla, cuya posición se ha cambiado, a estribor de la bodega 1.

Por tanto, la mejor disposición para la estabilidad y para aprovechar el espacio del que se dispone es la que se muestra a continuación en la *figura 24*.

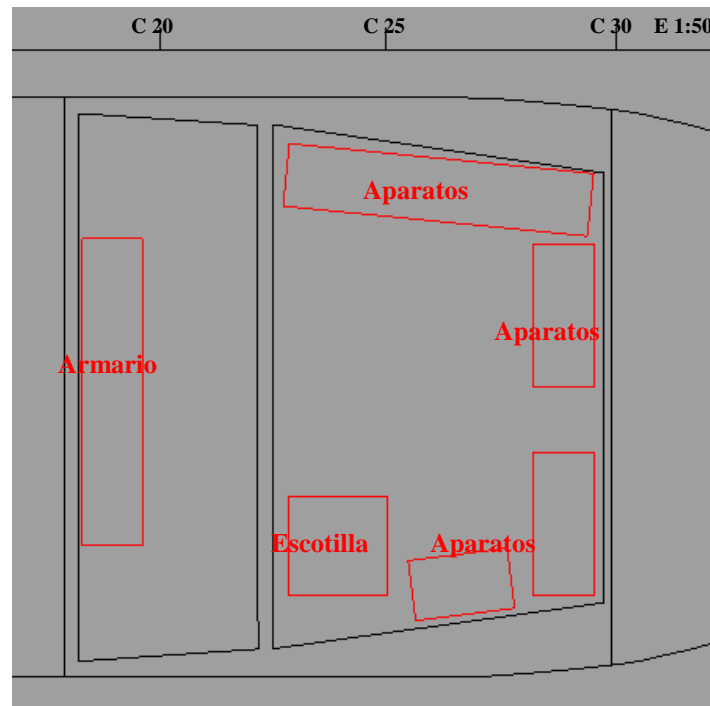


Figura 24. Disposición del laboratorio

Como se puede ver en la *figura 24*, los aparatos están situados en la bodega 1, aprovechando el espacio de babor, proa y parte de estribor. En la bodega 2 hay un armario para poder guardar todos los aparatos y elementos necesarios del laboratorio.

El área total de las dos bodegas es de 27,89 m². Basándose de nuevo en el *Anexo I: Condiciones de seguridad en los lugares de trabajo, del Real Decreto 486/1997 (Boletín Oficial del Estado, 1997)*, en este área podrían estar 13 personas. Sin embargo, debido a que los aparatos restan espacio al área total y a que el laboratorio se considera un compartimento pequeño, para que haya una comodidad de trabajo se estima que el número total de personas que pueden trabajar dentro del laboratorio sea de 7 personas (pasajeros).

Por último, en la *figura 25* se puede ver un modelo 3D sencillo del laboratorio.

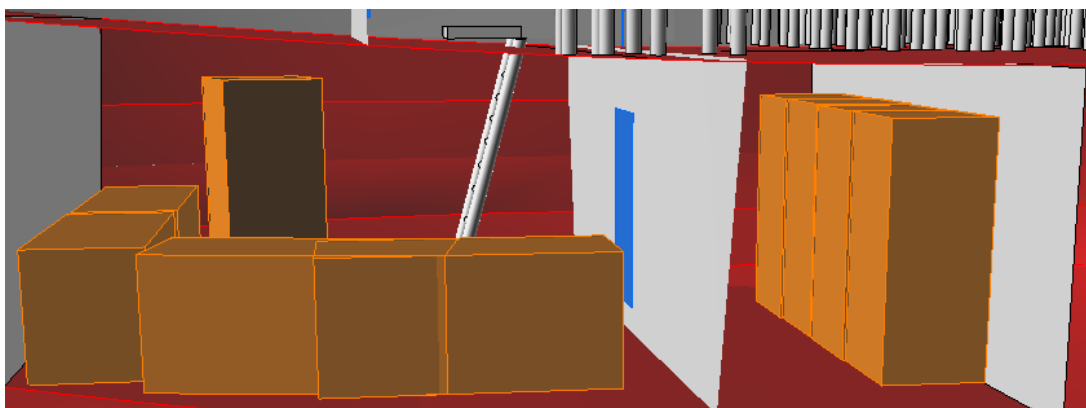


Figura 25. Modelo 3D del laboratorio





CAPÍTULO 5. VENTILACIÓN DE LOS NUEVOS LOCALES

5.1.INTRODUCCIÓN

Una vez que se han creado los nuevos compartimentos a bordo, se procede a calcular la ventilación y climatización, para garantizar unas condiciones ideales de trabajo dentro de los mismos. Los pasos a seguir y los cálculos se basan en los apuntes de la asignatura impartida en el grado de "*sistemas auxiliares*" (Otón Tortosa, J.E).

5.2.CONDICIONES CLIMÁTICAS DEL LUGAR GEOGRÁFICO Y DE LOS COMPARTIMENTOS

En primer lugar hay que plantear cuáles son las condiciones climáticas del lugar donde va a navegar el buque, y así saber cuáles son las condiciones más desfavorables que hay que resolver con la ventilación de los locales.

El buque "*ciudad de Cartagena*" va a navegar por la zona costera del litoral de la Región de Murcia. Esta zona geográfica se caracteriza por tener unas temperaturas altas y una humedad alta en verano, y unas temperaturas suaves con una humedad alta en invierno. Las condiciones más desfavorables son entonces las altas temperaturas y la alta humedad. Para realizar los cálculos, se estiman las temperaturas del aire y las humedades, imponiendo una temperatura de 35°C y una humedad del 70% en verano, y una temperatura de 2°C y una humedad del 70% en invierno. Las temperaturas del agua también se estiman, ya que el laboratorio está por debajo de la línea flotación. Los valores de estas temperaturas son 25°C en verano y 15°C en invierno.

En cuanto a las condiciones climáticas ideales del aire dentro del aula y el laboratorio, se realiza un pequeño estudio basado en el diagrama que se muestra a continuación en la *figura 26*, usado en la asignatura de "*sistemas auxiliares*" (Otón Tortosa, J.E) mencionada anteriormente.

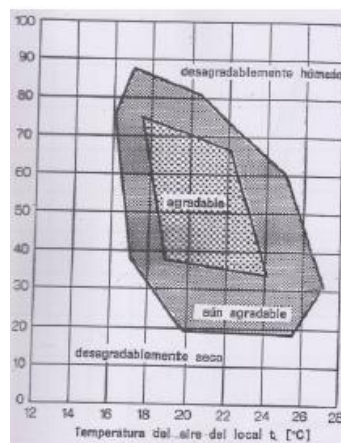


Figura 26. condiciones ideales de confort del aire dentro de un local

En este diagrama se puede observar que las condiciones de confort agradables están dentro del rango de temperaturas entre 18°C y 20°C, y entre un 40% y un 70% de humedad.

Las condiciones ideales de los compartimentos estarán dentro de estos rangos, y para saber la temperatura y el grado de humedad exactos, se usa la normativa DNV-GL "Human Comfort" (Det Norske veritas, 2016). Esta normativa establece que las condiciones de confort ideales son 22°C de temperatura y 50% de humedad, por lo que los cálculos se basa en estos datos.

Una vez establecidas las condiciones climáticas desfavorables y las condiciones de confort de los compartimentos, se procede a calcular la ventilación.

5.3.CÁLCULO DE LA VENTILACIÓN DEL AULA

Para llevar a cabo los cálculos, se necesita conocer entre qué locales está el compartimento que se quiere estudiar. Esto es importante porque cada local puede tener una temperatura diferente y es precisa tenerla en cuenta. El aula se sitúa en la cubierta principal y está delimitada de la siguiente manera.

Tabla 5. Límites del aula

Local del aula		
Límites	Posición	Temperatura
Habilitación	Proa	22°C
Comp. Generador de Emergencia	Popa	40°C
Costado del Buque	Estribor	35°C Verano / 2°C Invierno
Costado del Buque	Babor	35°C Verano / 2°C Invierno
Intemperie	Popa	35°C Verano / 2°C Invierno
Laboratorio	Cub.Principal	22°C
Intemperie	Cub.Superior	35°C Verano / 2°C Invierno

Como muestra la *tabla 5*, cada local tiene una temperatura diferente. La habitación se considera que está a la mismas condiciones de confort que el aula, al igual que el laboratorio. El compartimento del generador está a una temperatura más elevada del aula, ya que las condiciones climáticas son diferentes. El resto del aula se considera que está a la intemperie, es decir, está a las condiciones del clima exterior.

El siguiente paso es establecer la resistencia térmica global de cada uno de los mamparos del local.



$$R_{global} = \frac{1}{h_e} + \frac{e_1}{\lambda_1} + \frac{e_2}{\lambda_2} + \dots + \frac{e_n}{\lambda_n} + \frac{1}{h_i} \quad (2)$$

donde

h_e es el coeficiente de intercambio de calor entre el ambiente exterior y la superficie en contacto con dicho ambiente.

e es el espesor de cada material.

λ es el coeficiente de conductividad térmica, es decir, la capacidad de conducción del valor que posee un material.

h_i es el coeficiente de intercambio de calor entre el ambiente interior y la superficie en contacto con dicho ambiente.

En las siguientes *tablas 6 y 7* se muestran los diferentes coeficientes de intercambio de calor (h_n) y los coeficientes de conductividad térmica de cada material (λ).

Tabla 6. Coeficientes de intercambio de calor

Tipo de superficie en contacto con el aire	h (kcal/hm ² °C)
Superficie interior vertical	4
Superficie interior horizontal (flujo hacia arriba)	7
Superficie interior horizontal (flujo hacia abajo)	5
Superficie exterior con viento suave	20
Superficie exterior con viento fuerte	25

Tabla 7. Coeficientes de conductividad térmica

Material	λ (kcal/hm ² °C)
Aluminio	180
Polyester	0,0516
Vidrio	1,15
Acero	50
Panel Marina	0,03
Aire	0,021

Como se puede observar en la *tabla 6*, cada superficie del compartimento tendrá una resistencia térmica global diferente. En todos los mamparos se considera el coeficiente de conductividad térmica del acero, puesto que es el material de construcción de todas ellas.

A continuación se calcula el coeficiente de transmisión del calor (K), que es el dato que se va a usar para la ventilación. Este coeficiente es la inversa de la resistencia térmica global.

$$K = \frac{1}{R_{global}} \quad (3)$$

En la siguiente *tabla 8* se muestran los resultados de este coeficiente de cada una de las superficies que compone el aula.

Tabla 8. coeficientes de transmisión del calor de las superficies del aula

Superficie del aula	Coef.transmisión del calor (kcal/hm ² °C)
Mamparo de popa pequeña	3,333
Mamparo de babor	3,332
Mamparo de proa	1,999
Mamparo de estribor grande	3,332
Mamparo de popa grande	1,999
Mamparo de estribor pequeña	1,999
Cubierta superior	2,089
Cubierta principal	2,916

Con estos coeficientes se procede a calcular los diferentes tipos de calores necesarios para la ventilación.

La ventilación se basa en dos cálculos, el primero se realiza con las condiciones climáticas de verano, y el segundo con las condiciones climáticas de invierno.

5.3.1. Cálculo de la ventilación en las condiciones climáticas de verano

El primer calor necesario para la ventilación es el calor de transmisión (kcal/hora).

$$\text{Calor de transmisión} = \sum (\text{superficies} * \text{coef. trasmisión}) * (T_{ex} - T_i) \quad (4)$$

En esta ecuación se multiplica cada una de las superficies (mamparos y cubiertas) que componen el aula por su coeficiente de transmisión del calor, y por la diferencia de temperaturas entre la del exterior del aula y la del interior del mismo.

El segundo calor es el calor sensible de las personas (kcal/hora), cuyo valor se obtiene haciendo un estudio basado en el tipo de trabajo que se realiza dentro del local usando el siguiente diagrama de la *figura 27*.

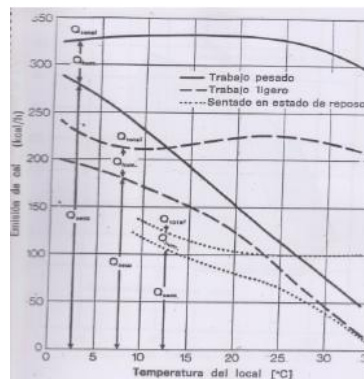


Figura 27. Calor desprendido por las personas según el tipo de actividad

Para el aula, se estima que el trabajo que realizan las personas es estar sentado en estado de reposo. El valor del calor sensible por persona en el diagrama se estima aproximadamente a 22°C de 75 kcal/hora. Como se mencionó en el capítulo 4, el número de pasajeros dentro de la clase es de 13, por tanto el calor sensible total se obtiene con la siguiente ecuación.

$$\mathbf{Calor\ sensible\ total = N^{\circ} Personas * Calor\ sensible\ por\ persona} \quad (5)$$

El tercer calor es el calor sensible de los aparatos del local (kcal/hora), incluida la iluminación. Para este calor se estiman los valores de los rendimientos de los aparatos y de la iluminación, al igual que las cargas. La carga de la iluminación no hace falta estimarla, ya que se calcula en el capítulo 6.

$$\mathbf{Calor\ sensible\ aparatos = N^{\circ} aparatos * rendimiento * carga * 860} \quad (6)$$

El calor sensible total es la suma de estos tres primeros calores.

El cuarto calor es el calor latente total de las personas (kcal/hora), ya que el de los aparatos se considera despreciable. El calor latente de las personas se obtiene del diagrama de la *figura 27*.

$$\text{Calor latente} = N^{\circ} \text{ personas} * \text{calor latente por persona} \quad (7)$$

En esta *tabla 9* se muestran los calores en la condición de verano.

Tabla 9. Calores en la condición de verano

Calores en la condición de verano	
Q.Transmisión (Q _t)	2586,706 kcal/hora
Q.Sensible total por persona (Q _s)	975 kcal/hora
Q.Aparatos (Q _a)	730,675 kcal/hora
Q.Sensible total (Q _{St})	4292,381 kcal/hora
Q.Latente (Q _l)	325 kcal/hora

Los siguientes valores de la ventilación se van a obtener a través del diagrama psicométrico (*figura 28*).

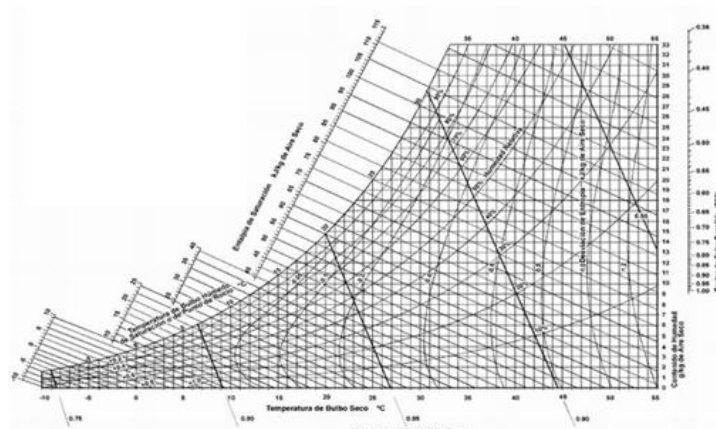


Figura 28. Diagrama psicométrico

Este diagrama está formado por una serie de curvas, trazadas a partir de las ecuaciones de estado que relacionan los parámetros de la mezcla del aire con el vapor de agua.

Estas curvas son:

- Líneas de temperatura seca constante, representadas en el eje X, paralelas al eje Y.
- Líneas de humedad constante, representada en el eje Y, paralelas al eje X.
- Líneas de presión de vapor constante, representada en el eje Y, paralelas al eje X.



- Líneas de humedad relativa constante. Son las líneas curvas del centro del diagrama.
- Líneas de temperatura húmeda constante, representadas como arcos de hipérbola en la parte izquierda del diagrama.
- Líneas de entalpía específica constante, representadas como arcos de hipérbola en la parte izquierda del diagrama.
- Líneas de temperatura de rocío constante, que se pueden representar añadiendo una fila en el eje Y, paralelas al eje X.
- Líneas de volumen específico constante. Son las rectas paralelas con cierta pendiente sobre los ejes.

De este gráfico se necesita obtener los valores de las entalpías de las condiciones de confort del interior del agua, y la cantidad de agua que hay en el aire, es decir la humedad absoluta de aire.

Para ello el primer paso es calcular la pendiente térmica.

$$P\text{end. Térmica} = \frac{Q.Sensible_{total}}{(Q.Sensible_{total} + Q.Latente_{total})} \quad (8)$$

El siguiente paso es conocer el punto de mezcla entrando al diagrama con la temperatura y la humedad relativa. Hay dos situaciones, las condiciones del aire exterior de fuera de la clase que entra al equipo de ventilación, es decir el aire de renovación, y las condiciones del aire interior que entra al equipo de ventilación que procede del aula, es decir, el aire de retorno. Como ambos aires tienen condiciones diferentes, se tiene que entrar con unos valores intermedios, y para ello, las proporciones más usadas en estos casos establecen que sea 1/3 de la temperatura exterior más 2/3 de la interior. Lo mismo ocurre con la humedad relativa. Los valores resultantes son $26,33^{\circ}\text{C} \approx 27^{\circ}\text{C}$. y $56,66\% \approx 60\%$ de humedad. Con este punto también se obtiene la cantidad de agua que hay en el aire.

A continuación se pasa del punto de mezcla al punto donde se deja de tratar el aire, que se puede hacer o aumentando la potencia frigorífica del aparato o teniendo una unidad de secado con bandeja química. Con este punto se obtiene las entalpías S y S', necesarias para seguir con el proceso y el volumen específico.

Por último, con la temperatura y humedad del interior del local, se entra al diagrama y se obtienen sus entalpías J y J'.

Con estos datos, se calcula el peso del aire seco (kg/hora)

$$W_s = \frac{(Q_{stotal} + Q_{ltotal})}{(J - J')} \quad (9)$$



el peso de aire húmedo (kg/hora)

$$W_h = W_s * (1 + gr\ agua/kg\ aire\ seco) \quad (10)$$

el caudal de aire (m³/hora)

$$Q = W_h * Volumen\ específico \quad (11)$$

y la potencia del aparato (kcal/hora)

$$Potencia = W_s * (J' - S') \quad (12)$$

En la *tabla 10* se muestran los resultados de estos valores.

Tabla 10. resultados de la ventilación en condiciones de verano

Resultados de la ventilación en condición de verano	
Peso aire seco (W_s)	1154,345 kg/hora
Peso aire húmedo (W_h)	1162,426 kg/hora
Caudal de aire (Q)	918,316 m ³ /hora
Potencia (kcal/hora)	5079,119 kcal/hora
Potencia (kw/hora)	5,906 kw/hora

5.3.2. Cálculo de la ventilación en las condiciones climáticas de invierno

El procedimiento a seguir es el mismo que para las condiciones de verano, pero en este caso los valores cambian, es decir, las condiciones exteriores ahora son de 2°C y 70% de humedad. Los valores del punto de mezcla también cambian, siendo 15,333°C ≈ 16°C, y una humedad de 56,66% ≈ 60%.

Los resultados con estas condiciones se muestran en las *tablas 11 y 12*.

Tabla 11. Calores en la condición de invierno

Calores en la condición de invierno	
Q.Transmisión (Q _t)	3766,301 kcal/hora
Q.Sensible total por persona (Q _s)	975 kcal/hora
Q.Aparatos (Q _a)	730,675 kcal/hora
Q.Sensible total (Q _{St})	5471,975 kcal/hora
Q.Latente (Q _l)	325 kcal/hora

Tabla 12. Resultados de la ventilación en condiciones de invierno

Resultados de la ventilación en condición de invierno	
Peso aire seco (W _s)	1449,244 kg/hora
Peso aire húmedo (W _h)	1459,389 kg/hora
Caudal de aire (Q)	1152,916 m ³ /hora
Potencia (kcal/hora)	6376,673 kcal/hora
Potencia (kw/hora)	7,415 kw/hora

Calculadas las potencias que se necesitan para poder ventilar el aula y mantener las condiciones de confort, se procede a elegir el aparato de aire acondicionado. El elegido es un modelo *daitsu*, con una potencia calorífica de 4411 kcal/hora y una potencia de calefacción de 4540 kcal/hora. Estas potencias son inferiores a las que se necesitan, por lo que se instalan dos aparatos para cubrir la potencia.

En cuanto al caudal de extracción y el diámetro del conducto, se estima que el aire circula a una velocidad de 6 m/s y el caudal será el máximo calculado anteriormente. Para obtener la sección del conducto y el diámetro, se aplican las siguientes ecuaciones.

$$S = \frac{Q}{(3600 * v)} \quad (m^2) \quad (13)$$

$$S = \frac{\pi * \varnothing^2}{4} \quad (m) \quad (14)$$

obteniendo un diámetro de 0,317 m.

5.4. CÁLCULO DE LA VENTILACIÓN DEL LABORATORIO

El proceso de cálculo de la ventilación de este local es el mismo que el usado en el apartado de ventilación del aula. En primer lugar se localiza entre qué locales se encuentra el compartimento del laboratorio. El laboratorio se sitúa en la cubierta de bodegas, entre la cámara de máquinas y los camarotes, y está por debajo de la línea de flotación.

Tabla 13. Límites del laboratorio

Local del laboratorio		
Límites	Posición	Temperatura
Habilitación	Proa	22°C
Cámara de máquinas	Popa	40°C
Costado del Buque	Estribor	25°C Verano / 15°C Invierno
Costado del Buque	Babor	25°C Verano / 15°C Invierno
Aula	Cub. Principal	22°C
Tanques	Cub. Bodega	25°C

Como muestra la *tabla 13*, cada local tiene una temperatura diferente.

El siguiente paso es calcular el coeficiente de transmisión del calor K de cada superficie del local, a través de la resistencia térmica. En todas las superficies se considera el coeficiente de conductividad térmica del acero, puesto que es el material de construcción de todas ellas.

En la siguiente *tabla 14* se muestran los resultados de este coeficiente de cada una de las superficies que compone el laboratorio.

Tabla 14. Coeficientes de transmisión del calor de las superficies del laboratorio

Superficie del laboratorio	Coef.transmisión del calor (kcal/hm ² °C)
Mamparo de popa	1,679
Mamparo de babor	1,448
Mamparo de proa	1,448
Mamparo de proa	1,448
Cubierta principal	2,916
Cubierta de bodegas	1,875

Con estos coeficientes se procede a calcular los diferentes tipos de calores necesarios para la ventilación.

La ventilación se basa en dos cálculos, el primero se realiza con las condiciones climáticas de verano, y el segundo con las condiciones climáticas de invierno.

5.4.1. Cálculo de la ventilación en las condiciones climáticas de verano

Como para calcular los distintos calores del local se sigue el mismo procedimiento del apartado anterior, se resumen los resultados en la *tabla 15*. Hay que tener en cuenta que en este local el número de personas en su interior cambia, siendo este número de 7 pasajeros y la temperatura en este caso es la del agua (25°C) y no la del aire, ya que el laboratorio se encuentra por debajo de la línea de flotación.

Tabla 15. Calores en la condición de verano

Calores en la condición de verano	
Q.Transmisión (Q_t)	403,809 kcal/hora
Q.Sensible total por persona (Q_s)	525 kcal/hora
Q.Aparatos (Q_a)	6748,424 kcal/hora
Q.Sensible total (Q_{st})	7677,234 kcal/hora
Q.Latente (Q_l)	175 kcal/hora

Los siguientes valores de la ventilación se van a obtener a través del diagrama psicrométrico, siendo en este caso las condiciones del punto de mezcla diferentes al apartado anterior, debido a que en este caso se toman las condiciones del agua, como se ha mencionado anteriormente. Los valores resultantes son 23°C. y 100% de humedad. Con este punto también se obtiene la cantidad de agua que hay en el aire.

En la siguiente *tabla 16* se muestran los resultados de los valores obtenidos a través del diagrama.

Tabla 16. resultados de la ventilación en condiciones de verano

Resultados de la ventilación en condición de verano	
Peso aire seco (W_s)	1963,058 kg/hora
Peso aire húmedo (W_h)	1976,79 kg/hora
Caudal de aire (Q)	1561,672 m ³ /hora
Potencia (kcal/hora)	8637,457 kcal/hora
Potencia (kw/hora)	10,043 kw/hora

5.4.2. Cálculo de la ventilación en las condiciones climáticas de invierno

El procedimiento a seguir es el mismo que para las condiciones de verano, pero en este caso los valores cambian, es decir, las condiciones exteriores ahora son de 15°C y 100% de humedad. Las condiciones del punto de mezcla también cambian, siendo 19,667°C \approx 20°C, y una humedad 100%.

Los resultados con estas condiciones se muestran en las *tablas 17 y 18*.

Tabla 17. Calores en la condición de invierno

Calores en la condición de invierno	
Q.Transmisión (Q_t)	538,412 kcal/hora
Q.Sensible total por persona (Q_s)	525 kcal/hora
Q.Aparatos (Q_a)	6748,424 kcal/hora
Q.Sensible total (Q_{st})	7811,837 kcal/hora
Q.Latente (Q_l)	175 kcal/hora

Tabla 18. Resultados de la ventilación en condiciones de invierno

Resultados de la ventilación en condición de invierno	
Peso aire seco (W_s)	1996,709 kg/hora
Peso aire húmedo (W_h)	2010,686 kg/hora
Caudal de aire (Q)	1588,442 m ³ /hora
Potencia (kcal/hora)	8785,521 kcal/hora
Potencia (kw/hora)	10,216 kw/hora

Calculadas las potencias que se necesitan para poder ventilar el laboratorio y mantener las condiciones de confort, se procede a elegir el aparato de aire acondicionado. El elegido vuelve a ser el modelo *daitsu*, con una potencia calorífica de 4411 kcal/hora y una potencia de calefacción de 4540 kcal/hora. Estas potencias son inferiores a las que se necesitan, por lo que se instalan dos aparatos para cubrir la potencia.

En cuanto al caudal de extracción y el diámetro del conducto, se estima que el aire circula a una velocidad de 6 m/s y el caudal será el máximo calculado anteriormente. Para obtener la sección del conducto y el diámetro, se aplican las ecuaciones 13 y 14, obteniendo un diámetro de 0,317 m.

5.5. CÁLCULO DE LA VENTILACIÓN DEL COMPARTIMENTO DEL GRUPO GENERADOR

El proceso de cálculo de la ventilación de este local es diferente a los otros dos locales anteriores. Esto es debido a que en este local está el grupo generador de emergencia, y como máquina que es, la ventilación del compartimento es diferente.

Para calcular la ventilación se va a tomar este local como si fuese una pequeña cámara de máquinas, en la que sólo estará funcionando el grupo generador. Los cálculos que se siguen son los que aparecen en la normativa española "*ventilación de la sala de máquinas de barcos de motor diesel*" (UNE-EN ISO, 1999).

Esta normativa se basa en el cálculo del flujo de aire de ventilación y extracción de una cámara de máquinas, que en este caso es el local del grupo generador. Los datos necesarios para los cálculos son los proporcionados por el catálogo del nuevo grupo generador diesel que se ha instalado, y que se ha mencionado en el capítulo 3.

El flujo de aire total de impulsión se calcula a través de dos ecuaciones, escogiendo como dato válido el resultado más alto de las dos:

$$Q = q_c + q_h \quad (15)$$

$$Q = 1,5 * q_c \quad (16)$$

donde

q_c es la cantidad de flujo de aire para la combustión en m^3/s .

q_h es la cantidad de flujo de aire necesaria para la evacuación del calor en m^3/s .

La cantidad de flujo de aire para la combustión se divide a su vez en:

$$q_c = q_{dp} + q_{dg} + q_b \quad (17)$$

- q_{dp} es el flujo de aire para la combustión del motor principal en m^3/s , que en este caso se toma como motor principal el grupo generador.

La ecuación de este término es la siguiente:

$$q_{dp} = \frac{P_{dp} + m_{ad}}{\rho} \quad (18)$$



donde

P_{dp} es la potencia del motor (66,9 kw).

m_{ad} es el aire necesario para la combustión del motor diesel de 4 tiempos proporcionado por la norma (0,002 kg/kws).

ρ es la densidad del aire (1,13 kg/m³).

El resultado de este término es **0,118 m³/s**.

- q_{dg} es el flujo de aire para la combustión de los motores auxiliares de la cámara de máquinas en m³/s, que en este caso se toman como 0.
- q_b es el flujo de aire para la combustión de la caldera de la cámara de máquinas en m³/s, que en este caso se toman como 0.

Por lo tanto, el flujo de aire para la combustión es **0,118 m³/s**.

A continuación, se procede a calcular el aire de evacuación de la emisión de calor con la siguiente ecuación:

$$q_h = \frac{\phi_{dp} + \phi_{dg} + \phi_b + \phi_p + \phi_g + \phi_{el} + \phi_{ep} + \phi_t + \phi_o}{\rho * c * \Delta t} - 0,4 * (q_{dp} + q_{dg}) - q_b \quad (19)$$

- ϕ_{dp} es la emisión del calor del motor principal en kw. Se calcula a través de las tablas proporcionadas por la norma según su potencia y el tipo de motor. En este caso el valor es de **20 kw**.
- ϕ_{dg} es la emisión del calor de los motores principales en kw, que en este caso el valor es 0.
- ϕ_b es la emisión del calor de la caldera en kw, que en este caso el valor es 0.
- ϕ_p es la emisión del calor de las tuberías de vapor y condensación en kw, que en este caso es 0.
- ϕ_g es la emisión del calor del generador eléctrico refrigerado por aire en kw. En este caso se refiere a la potencia que necesitan los aparatos de emergencia. Se calcula de la siguiente manera:

$$\phi_g = P_g * \left(1 - \frac{\eta}{100}\right) \quad (20)$$

donde



P_g es la potencia de los elementos de emergencia.

η es el rendimiento del generador, cuyo valor es del 94%.

El resultado de esta ecuación es de **0,907 kw**.

- ϕ_{el} es la emisión del calor de las instalaciones eléctricas del local. Se estima como el 20% de la potencia de los elementos de emergencia más la iluminación. El valor de esta emisión es de **3,192 kw**.
- ϕ_{ep} es la emisión del calor de las tuberías de escape, es decir, el conducto de escape del grupo generador. El caudal de aire de este grupo generador es de 0,707 m³/s, a una velocidad de 10 m/s, a través de un conducto de ventilación de 0,855m de longitud, que es la mitad de lo que mide el compartimento en la dirección longitudinal, ya que el grupo generador está centrado en el local. Se calcula el diámetro del conducto con la siguiente ecuación:

$$Q = A * v \quad (21)$$

donde

Q es el caudal del aire en m³/s.

A es el área del conducto en m².

v es la velocidad del caudal de aire en m/s.

El resultado de esta ecuación es un diámetro de aproximadamente **400 mm**. Con este valor se saca el coeficiente de la emisión del calor a través de una tabla proporcionada por la norma, y se multiplica por la longitud del conducto, dando como resultado una emisión de **0,223 kw**.

- ϕ_t es la emisión del calor de los tanques de calefacción en kw, que en este caso es 0.
- ϕ_o es la emisión del calor otros componentes en kw, que en este caso es 0.
- q_{dp} es el flujo de aire para la combustión del motor principal en m³/s calculado anteriormente. (**0,118 kw**).
- q_{dg} es el flujo de aire para la combustión de los motores auxiliares de la cámara de máquinas en m³/s, que en este caso se toman como 0.
- q_b es el flujo de aire para la combustión de la caldera de la cámara de máquinas en m³/s, que en este caso se toman como 0.
- ρ es la densidad del aire (1,13 kg/m³).
- c es la capacidad del calor específico del aire. (1,01 kJ/kgK).
- Δt es el aumento de temperatura en la sala de máquinas. La norma establece un valor de 12,5 K.



Con todos estos datos, el valor del flujo de aire necesario para la evacuación de calor es de **1,657 m³/s**. Este dato sería el caudal de extracción del local.

El flujo de aire total de impulsión es:

$$Q = 1,5 * 0,118 = 0,178 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q = 0,118 + 1,657 = 1,776 \text{ m}^3/\text{s}$$

Como se ha mencionado anteriormente, se escoge el valor más grande, que es de 1,776 m³/s.

Por tanto el sistema necesario para la ventilación de este local es un sistema que sea capaz de producir ambos flujos de aire para que el motor se refrigere correctamente.





CAPÍTULO 6. SISTEMA ELÉCTRICO CON LA NUEVA DISPOSICIÓN



6.1.INTRODUCCIÓN

Los espacios usados para el aula y el laboratorio, es decir, la cubierta principal y la bodega, tienen actualmente su sistema de iluminación de acuerdo con las actividades de pesca anteriores del buque. Al cambiar estas funciones, también cambia la iluminación, ya que un aula y un laboratorio requiere más potencia luminosa que la que dispone el buque en este momento para poder trabajar correctamente. En los siguientes apartados se explica el proceso que se lleva a cabo para calcular la nueva iluminación, el sistema eléctrico final y el balance eléctrico.

6.2.CÁLCULO DE LA POTENCIA DE ILUMINACIÓN DEL AULA

Para poder saber la potencia luminosa que necesita el aula, se van a realizar una serie de cálculos basados en el método propuesto por M. Baquerizo en su libro "electricidad aplicada al buque" (F.E.I.N., 1968).

En este método se calcula el flujo luminoso necesario en un espacio del buque a partir de la intensidad de iluminación. La intensidad de iluminación, o luminancia, varía dependiendo del tipo de local. M. Baquerizo en su método propone una serie de iluminancias para los distintos locales del buque, que aparecen en la *tabla 19*:

Tabla 19. Iluminancias de los locales del buque

Espacio	Iluminancia
Hospital	700
Cámara de máquinas y Locales de trabajo	300
Puente de gobierno	300
Cocina	200
Camarotes oficiales	200
Camarotes tripulación	200
Locales de reunión	200
Local Servo	150
Bodegas	100
Pasillos	100
Paños y Gambuzas	50



En este caso, no aparece ningún local que sea un aula o un laboratorio, por lo que estos espacios se toman como locales de trabajo, ya que se van a realizar actividades que requieren una iluminación similar. La iluminancia de estos locales es de 300 luxes.

La ecuación que relaciona el flujo luminoso con la iluminancia es la siguiente:

$$L = E * S * \frac{F_d}{F_u} \quad (22)$$

donde

L es el flujo luminoso en lúmenes (lm).

E es la iluminancia en luxes, que como se ha visto será de **300 luxes**.

S es la superficie que se quiere iluminar, que en este caso el aula tiene unos **30,334 m²**.

F_d es el factor de suciedad que varía entre 1,25 y 2,5. Para este cálculo se escoge un valor intermedio de **1,5**, ya que un aula no se considera un espacio sucio.

F_u es el factor de utilización. Este factor depende, por un lado, de si el alumbrado es directo o indirecto, y por otro lado, de un factor **K**, que a su vez depende de las dimensiones del local. Para el local del aula se escoge que es una iluminación directa y oscuro, puesto que no hay ventanas. El factor K se calcula de la siguiente manera:

$$K = \frac{a * b}{h * (a + b)} \quad (23)$$

donde

a es la longitud del local, que en este caso para el aula es **5,738 m**.

b es la anchura del local, que en esta caso es **6,3m**.

h es la altura del local, que en este caso es **2,2 m**.

Aplicando la ecuación (23) el valor de K es de **1,37**. A continuación, con este valor se entra en la siguiente *tabla 20* para calcular F_u interpolando entre los valores de iluminación directa y oscuro en los que se encuentra el factor K calculado. Se escoge el 100% del valor al ir el flujo hacia el suelo.

Tabla 20. Tabla para el cálculo del factor de utilización

Alumbrado	Directo		Semi Directo		Semi Indirecto		Indirecto	
Flujo hacia el techo (%)	0		40-10		60-90		100	
Flujo hacia el suelo (%)	100		60-90		40-10		0	
Local	Claro	Oscuro	Claro	Oscuro	Claro	Oscuro	Claro	Oscuro
K								
0,6	0,34	0,24	0,30	0,22	0,21	0,08	0,13	0,03
0,8	0,42	0,33	0,38	0,27	0,26	0,12	0,16	0,05
1,0	0,46	0,39	0,44	0,34	0,30	0,13	0,19	0,05
1,25	0,50	0,42	0,50	0,38	0,32	0,15	0,22	0,06
1,5	0,53	0,45	0,54	0,41	0,36	0,17	0,24	0,07
2	0,58	0,51	0,60	0,47	0,41	0,19	0,27	0,08
2,5	0,62	0,56	0,63	0,50	0,44	0,21	0,30	0,10
3	0,64	0,58	0,66	0,52	0,47	0,22	0,32	0,10
4	0,67	0,61	0,69	0,55	0,51	0,24	0,35	0,12
5	0,69	0,63	0,71	0,57	0,53	0,25	0,36	0,12

El factor de utilización resultante es **0,434**. Este valor se obtiene interpolando en la *tabla 26*, en la columna de alumbrado *directo-oscuro*, y entre las filas de los valores K de 1 y 1,25.

Una vez obtenidos todos los parámetros anteriores, se calcula el flujo luminoso con la ecuación (22) anterior.

$$L = 300 * 30,334 * \frac{1,5}{0,434} = 31467,471 \text{ lm}$$

El siguiente paso es calcular el rendimiento luminoso, que depende del tipo de lámpara que se va a colocar en el local. En la siguiente *tabla 21* se muestra una serie de lámparas con sus rendimientos.

Tabla 21. Rendimiento de las lámparas

Tipo	Rendimiento (W/Lumen)
Incandescente	0,11
Fluorescente	0,03
Mercurio (alta presión)	0,018
Sodio	0,008

Para el local del aula se escogen lámparas fluorescentes.

Por último, se calcula la potencia luminosa:

$$\text{Potencia luminosa} = \frac{\text{rendimiento luminoso} * \text{flujo luminoso}}{1000} \text{ (kw)} \quad (24)$$

$$\text{Potencia luminosa} = \frac{0,03 * 31467,471}{1000} = 0,944 \text{ kw}$$

Esta es la potencia luminosa que hay que poner en el local del aula. El tipo de lámparas y su distribución se explicará en el apartado 6.5.

6.3.CÁLCULO DE LA POTENCIA DE ILUMINACIÓN DEL LABORATORIO

El cálculo de la potencia luminosa para el local del laboratorio es prácticamente el mismo del apartado anterior, variando algunos de los valores como se va a ver a continuación.

Para el cálculo del flujo luminoso se necesitan los siguientes datos:

Iluminancia (E) en luxes, que como se explicó anteriormente el local del laboratorio se considera como un local de trabajo, cuya iluminancia es de **300 luxes**.

La superficie del local (S) . El área del laboratorio es **22,048 m²**.

El factor de suciedad (F_d). Para el laboratorio se vuelve a escoger un valor intermedio de **1,5** por no considerarse un espacio con demasiada suciedad.

Longitud del local (a). La longitud del laboratorio es de **5,2 m**.



Anchura del local (b). La anchura del laboratorio es de **4,24 m**.

Altura del local (h). La altura del local es de **2,2 m**.

El factor **K**:

$$K = \frac{5,2 * 4,24}{2,2 * (5,2 + 4,24)} = 1,2$$

El factor de utilización (F_u), interpolando entre los valores de iluminación directa y oscuro, puesto que no hay ventanas, de la *tabla 20*, y escogiendo el 100% del valor al ir el flujo hacia el suelo. El factor de utilización del laboratorio es **0,414**.

El flujo luminoso para el laboratorio, obtenido con los datos anteriores y con la ecuación (22):

$$L = 300 * 22,048 * \frac{1,5}{0,414} = 23963,154 \text{ lm}$$

Rendimiento luminoso de las lámparas. Al igual que el aula, se escogen lámparas fluorescentes con un rendimiento de 0,03 W/lm.

Por tanto, la potencia luminosa para el laboratorio será:

$$\text{Potencia luminosa} = \frac{0,03 * 21310,265}{1000} = 0,719 \text{ kw}$$

El tipo de lámparas y su distribución se explicará en el apartado 6.5.

6.4.CÁLCULO DE LA POTENCIA DE ILUMINACIÓN DEL COMPARTIMENTO DEL GRUPO GENERADOR

El cálculo de la potencia luminosa para el local del grupo generador vuelve a ser prácticamente el mismo del apartado anterior, variando algunos de los valores.

Para el cálculo del flujo luminoso se necesitan los siguientes datos:



Iluminancia (E) en luxes, en este caso el local se considera como un local similar al del servo, cuya iluminancia es de **150 luxes**.

La superficie del local (S). El área del local del grupo generador es **6,724 m²**.

El factor de suciedad (F_d). Para el local del grupo generador se vuelve a escoger un valor intermedio de **1,5** por no considerarse un espacio con demasiada suciedad.

Longitud del local (a). La longitud del local es de **1,711 m**.

Anchura del local (b). La anchura del local es de **3,930 m**.

Altura del local (h). La altura del local es de **2,2 m**.

El factor **K**:

$$K = \frac{1,711 * 3,930}{2,2 * (1,711 + 3,930)} = 0,542$$

El factor de utilización (F_u), interpolando entre los valores de iluminación directa y oscuro, puesto que no hay ventanas, de la *tabla 20*, y escogiendo el 100% del valor al ir el flujo hacia el suelo. El factor de utilización del local del diesel generador es **0,24**.

El flujo luminoso para el local del diesel generador, obtenido con los datos anteriores y con la ecuación (22):

$$L = 150 * 6,724 * \frac{1,5}{0,24} = 6303,966 \text{ lm}$$

Rendimiento luminoso de las lámparas. Al igual que el aula, se escogen lámparas fluorescentes con un rendimiento de 0,03 W/lm.

Por tanto, la potencia luminosa para el local del diesel generador será:

$$\text{Potencia luminosa} = \frac{0,03 * 6303,966}{1000} = 0,189 \text{ kw}$$

El tipo de lámparas y su distribución se explicará en el apartado 6.5.

6.5.SISTEMA ELÉCTRICO

Con la creación del aula y el laboratorio a bordo, es preciso realizar modificaciones en la distribución del sistema eléctrico del buque, para integrar los dispositivos de la nueva disposición.

La información sobre los datos del sistema eléctrico del buque se ha obtenido del PFG de "*Elaboración de recursos didácticos a bordo de un buque*" (Campuzano de Paco, J.V). Este trabajo, basado sobre el buque "Ciudad de Cartagena", se ha tomado como referencia para conocer la situación actual del buque.

Las instalaciones del alumbrado se alimentan con una tensión de 220V y 50Hz monofásica. Esta instalación será la única que sufrirá cambios, ya que los nuevos aparatos a bordo se conectarán a esta red. La iluminación de los tres compartimentos y toda la disposición nueva de enchufes se añadirán al aparatado de iluminación interior del buque.

Los circuitos de emergencias y seguridad se alimentan a través de una red de corriente continua de 24V trifásica, que será la que de suministro a los aparatos que tengan que funcionar en esta situación.

La red de alumbrado no está alimentada directamente del cuadro principal, sino que está alimentada por un cuadro secundario. Este cuadro secundario está conectado al principal por una línea trifásica. Ambos cuadros están situados en la cámara de máquinas. Este cuadro secundario será el que cubra las nuevas necesidades.

El alumbrado del aula, del laboratorio y del compartimento del diesel generador de emergencia se compone de una serie de luces de un modelo de lámpara de tubos fluorescentes del catálogo *Technics 2019_es*. La potencia de cada lámpara es de 60W, por lo que para saber el número de lámparas se divide las potencias obtenidas en el apartado anterior entre la potencia de cada lámpara.

Hecha esta división, la distribución del alumbrado del aula se compone de 16 lámparas. Estas lámparas estarán dispuestas de tal forma que permita un buen alumbrado del aula, sobre todo el espacio de las mesas de los alumnos y la zona de la pizarra. Esta distribución se puede ver mejor en la *figura 29*, donde la mayoría de las lámparas, representadas como rectángulos pequeños, están en estas zonas comentadas. De la misma manera, se ha distribuido el alumbrado del compartimento del grupo generador, con un total de 4 luces distribuidas a lo largo del compartimento, como se puede ver también en la *figura 29*.

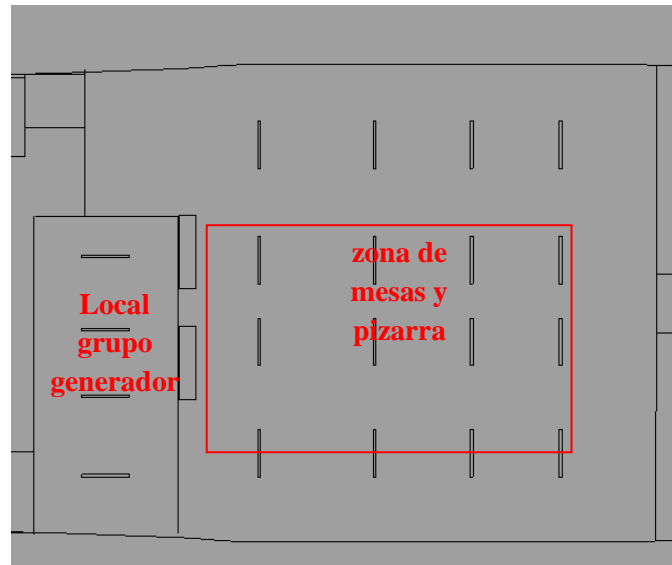


Figura 29. Distribución del alumbrado de la cubierta principal

Por último, el alumbrado del local del laboratorio se ha distribuido de la misma manera, compuesta por 12 lámparas que cubren la potencia obtenida en el apartado anterior. La mayoría de estas luces estarán dispuestas en la zona de los aparatos, para permitir una buena visión. Esta distribución se puede ver mejor en la *figura 30*.

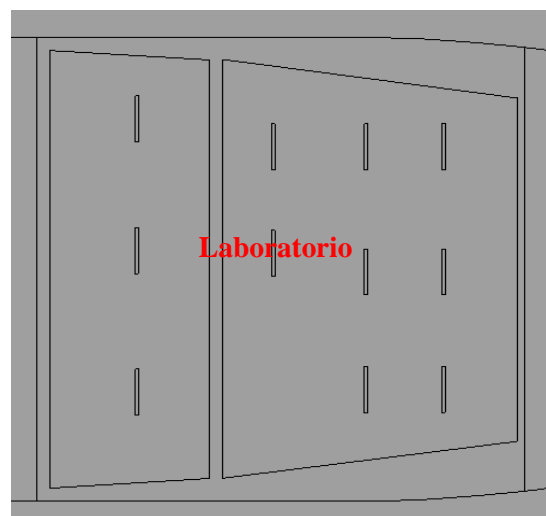


Figura 30. Distribución de alumbrado del laboratorio

Tanto el laboratorio como el aula dispondrán de una red de enchufes de 220V para poder conectar todos los aparatos electrónicos necesarios. Igualmente contarán con interruptores en cada uno de los locales. El cuadro secundario alimenta a un cuadro eléctrico situado en la cocina, donde se controla el alumbrado de la cubierta principal y todos los aparatos conectados en esta misma cubierta. A este cuadro eléctrico se conectarán los alumbrados del aula, laboratorio y compartimento del diesel generador de emergencia, y los aparatos que hay en los dos primeros compartimentos mencionados.

6.6.BALANCE ELÉCTRICO

En este apartado, se va a realizar un balance eléctrico para poder comprobar que la nueva potencia necesaria del buque queda cubierta por los alternadores de la cámara de máquinas, y la potencia de emergencia por el nuevo grupo diesel generador de emergencia.

Cada consumidor tiene una potencia y un factor de carga determinados y diferentes condiciones de uso. Para este apartado se ha hecho una estimación de todos los consumidores eléctricos en las diferentes situaciones de trabajo más importantes que va a tener el buque, que son:

- Situación de puerto.
- Situación de navegación.
- Situación de navegación usando Seabin (se verá con más detalle el Seabin en el capítulo 8).
- Situación de emergencia.

A continuación se representan en las *tablas 22, 23, 24 y 25* los resúmenes de los consumidores en las distintas situaciones de carga, representado en la última fila la potencia total requerida.

Tabla 22. Balance eléctrico situación de emergencia

Situación de emergencia	potencia	factor	Potencia en emergencia
Elemento	kw	de carga	Kw
Bomba de serv.gen nº1	2,2	0,8	1,76
Bomba servomotor nº1	2,2	0,5	1,1
Bomba sanitaria nº1	1,1	0,8	0,88
Alumbrado habitación	0,9	1	0,9
Alumbrado maq. T servo	0,32	1	0,32
Alumbrado puente	5,4	0,6	3,24
Alumbrado de emergencia	0,1	1	0,1
Alumbrado clase	0,944	0,2	0,189
Alumbrado laboratorio	0,719	0,2	0,144
Alumbrado comp.generator	0,189	0,6	0,113
Ventilador extracción	3,113	1	3,113
Equipos de navegación	1	0,8	0,8
Comunicaciones	1	0,8	0,8
Total kw	19,185		13,459

Tabla 23. Balance eléctrico situación de puerto

Situación de puerto	Potencia	Factor	Potencia en puerto
Elemento	kw	de carga	Kw
Bomba de serv.gen nº1	2,2	0,8	1,76
Bomba servomotor nº1	2,2	0,5	1,1
Bomba sanitaria nº1	1,1	0,8	0,88
Bomba trasiego de gas oil	1,1	0,8	0,88
Bomba de trasiego de aceite	1,1	0,8	0,88
Ventilador nº1 máquinas	1,1	0,8	0,88
Ventilador nº2 máquinas	1,1	0,8	0,88
Alumbrado habilitación	0,9	1	0,9
Alumbrado maq. T servo	0,32	1	0,32
Alumbrado exterior	5,4	0,6	3,24
Fuente de alimentación	1,5	0,8	1,2
Cargador de baterías	1	0,6	0,6
Cocina	5	0,4	2
Alumbrado clase	0,944	0,4	0,378
Alumbrado laboratorio	0,719	0,4	0,288
Alumbrado comp.generator	0,189	0,3	0,057
Aparatos del laboratorio y clase	0,9	0,8	0,72
Aires acondicionados	21,116	0,87	18,371
Ventiladores extracción	0,9	0,9	0,81
Cubos seabin	1	0,8	0,8
Grúa	2	0,9	1,8
Total kw	51,788		38,743

Tabla 24. Balance eléctrico situación de navegación

Situación de navegación	Potencia	Factor	Potencia navegando
Elemento	kw	de carga	kw
Bomba de serv.gen nº1	2,2	0,8	1,76
Bomba servomotor nº1	2,2	0,5	1,1
Bomba sanitaria nº1	1,1	0,8	0,88
Bomba trasiego de gas oil	1,1	0,8	0,88
Bomba de trasiego de aceite	1,1	0,8	0,88
Ventilador nº1 máquinas	1,1	0,8	0,88
Ventilador nº2 máquinas	1,1	0,8	0,88
Alumbrado habilitación	0,9	1	0,9

	Potencia	Factor	Potencia navegando
Elemento	kw	de carga	kw
Alumbrado maq. T servo	0,32	1	0,32
Alumbrado exterior	1,2	1	1,2
Luces de navegación	0,5	1	0,5
Alumbrado de puente	5,4	0,6	3,24
Fuente de alimentación	1,5	0,8	1,2
Cargador de baterías	1	0,6	0,6
Equipos de navegación	1	0,8	0,8
Comunicaciones	1	0,8	0,8
Cocina	5	0,4	2
Alumbrado laboratorio	0,719	0,4	0,288
Alumbrado clase	0,944	0,4	0,378
Alumbrado comp. generador	0,189	0,3	0,057
Aparatos del laboratorio y clase	0,9	0,8	0,72
Aires acondicionados	21,116	0,87	18,371
Ventiladores de extracción	0,9	0,9	0,81
Total kw	52,488		39,443

Tabla 25. Balance eléctrico situación usando el seabin

Situación usando seabin			
	Potencia	Factor	Potencia usando Seabin
Elemento	kw	de carga	kw
Bomba de serv.gen nº1	2,2	0,8	1,76
Bomba servomotor nº1	2,2	0,5	1,1
Bomba sanitaria nº1	1,1	0,8	0,88
Bomba trasiego de gas oil	1,1	0,8	0,88
Bomba de trasiego de aceite	1,1	0,8	0,88
Ventilador nº1 máquinas	1,1	0,8	0,88
Ventilador nº2 máquinas	1,1	0,8	0,88
Alumbrado habitación	0,9	1	0,9
Alumbrado maq. T servo	0,32	1	0,32
Alumbrado exterior	1,2	1	1,2
Luces de navegación	0,5	1	0,5
Alumbrado de puente	5,4	0,6	3,24
Fuente de alimentación	1,5	0,8	1,2
Cargador de baterías	1	0,6	0,6
Equipos de navegación	1	0,8	0,8
Comunicaciones	1	0,8	0,8
Cocina	5	0,4	2



	Potencia	Factor	Potencia navegando
Elemento	kw	de carga	kw
Alumbrado clase	0,944	0,4	0,378
Alumbrado laboratorio	0,719	0,4	0,288
Alumbrado comp.generador	0,189	0,3	0,057
Aparatos del laboratorio y clase	0,9	0,8	0,72
Aires acondicionados	21,116	0,87	18,371
Ventiladores de extracción	0,9	0,9	0,81
Cubos seabin	1	0,8	0,8
Grúa	2	0,9	1,8
Total kw	55,488		42,043

Una vez obtenidas las cargas de cada situación, se aplican los márgenes de contrato (5%), margen de desarrollo y construcción (8%), y margen de futuro (12%) a las diferentes potencias y cargas para estimar cuál es la mayor y por tanto la que va a condicionar la potencia del alternador. En la siguiente *tabla 26* se muestran los resultados de estos márgenes, donde se puede observar que la potencia más alta es cuando el buque está navegando usando el Seabin.

Tabla 26. Resumen balance eléctrico

BALANCE ELÉCTRICO DE CARGAS				
ELECTRICIDAD	proyecto/obra			
DESCRIPCIÓN	USANDO SEABIN	PUERTO	EMERGENCIA	NAVEGANDO
TOTAL kw sin márgenes	42,043	38,743	13,459	39,443
TOTAL kw margen contrato (5%)	44,145	40,680	14,132	41,415
TOTAL kw margen de detalle (8%)	45,407	41,843	14,535	42,599
TOTAL kw margen futuro (12%)	47,088	43,392	15,074	44,176

Como se puede ver en la *tabla 26*, la nueva potencia requerida es **47,088 Kw = 58,86 KwA**. La potencia del alternador actual de la cámara de máquinas es de 105 kwA, por lo que cubre perfectamente la nueva potencia.

En cuanto a la situación de emergencia, el balance eléctrico establece una potencia necesaria de **15,074 kw**. La potencia del nuevo grupo generador de emergencia es de 66,9 kw, como se mencionó anteriormente, por lo que también la cubre perfectamente.





CAPÍTULO 7. INSTALACIÓN DE UNA GRÚA EN LA CUBIERTA SUPERIOR

7.1.INTRODUCCIÓN

Para poder llevar a cabo las funciones de recogida de basuras, y otras funciones relacionadas con la docencia e investigación del buque, como por ejemplo el uso de ROVs, es preciso instalar una grúa a bordo que pueda llevar a cabo estas funciones.

7.2. ELECCIÓN DE LA GRÚA Y SU POSICIÓN A BORDO

Como se ha mencionado anteriormente, la grúa necesita realizar unas funciones a bordo. La elección de la grúa está condicionada por el peso máximo que tiene que elevar. Este peso máximo es el de los cubos Seabin, que se verá con más detalle en el capítulo 8, y cuyo valor es de 120 kg.

Por tanto, para que la grúa pueda elevar estos Seabin y haya un margen para que también pueda elevar otra serie de elementos (como por ejemplo un ROV), la grúa que se ha escogido, dentro del catálogo de grúas de uso naval que ofrece la marca *Palfinger*, es el modelo *PK 4200 High Performance*, cuyas características se muestran a continuación en la *tabla 27* y en la *figura 31*:

Tabla 27. Características de la grúa

Características de la grúa	
Capacidad máxima de carga	990 kg
Longitud máxima brazo de la grúa	9,7 m
Ángulo de giro	370°
Par de giro neto con 1 reductor de giro	0,4 tm
Abertura de los estabilizadores	3,3 m
Espacio para montaje (std)	0,53 m
Anchura grúa plegada	1,9 m
Presión de trabajo	250 bar
Caudal recomendado	15 t/min
Peso propio (std)	491 kg
Momento máximo de elevación	3,9 tm

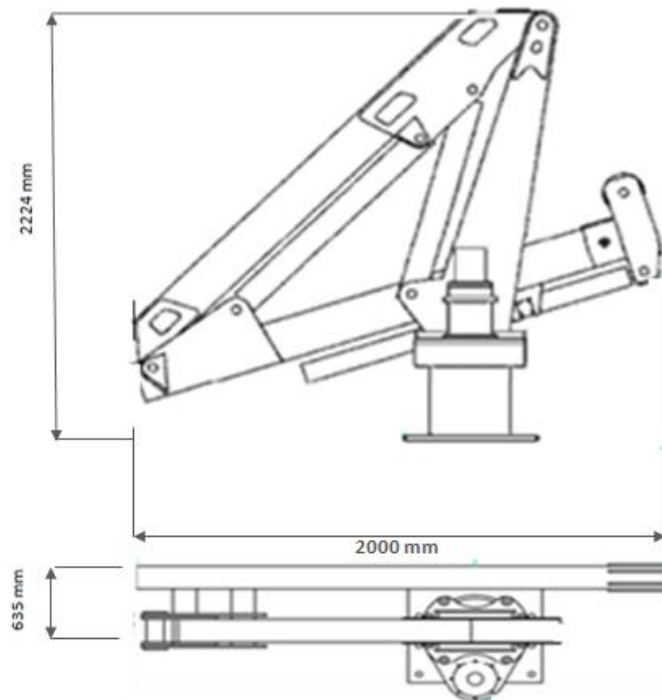


Figura.31. Medidas de la grúa

Su posición a bordo va a ser en la cubierta superior a la banda de babor, para no entorpecer el paso por la cubierta. Estará posicionada sobre dos refuerzos longitudinales a 0,91 m y 1,47 m de crujía respectivamente, y sobre dos baos, que estarán situados cerca de la cuaderna 12.

7.3.CÁLCULO DE CARGAS

Una vez que se ha escogido el modelo de la grúa y su posición, es necesario comprobar que la resistencia de la estructura en la que se apoya va a aguantar las cargas a las que va a ser sometida. En caso de que la resistencia estructural no sea suficiente, se estudiará la disposición de nuevos refuerzos que la aseguren. Para saber las cargas a las que está sometida la grúa, se ha usado la normativa *DNVGL-ST-0378*, basándose en la sección 4 *structural design and strength*, que se aplica a grúas instaladas a bordo.

7.3.1.Cargas de diseño

Las cargas consideradas para el análisis estructural son las siguientes:

- 7.3.1.1. *Cargas principales*
- 7.3.1.2. *Cargas verticales*
- 7.3.1.3. *Cargas horizontales*
- 7.3.1.4. *Cargas debidas al movimiento del buque*
- 7.3.1.5. *Cargas debidas a los efectos climáticos*

- 7.3.1.6.. *Cargas diversas*

7.3.1.1. Cargas principales

Las cargas principales se dividen en tres tipos de cargas:

a) Cargas debidas al peso de los componentes de la grúa S_G . En este caso sería el peso propio de la grúa en kN.

b) Cargas debidas a las cargas de trabajo S_L . Es el peso máximo que es capaz de levantar la grúa en kN.

c) Cargas debidas al pretensado. Son cargas impuestas debidas al pretensado de pernos, cables, etc. En este caso no se aplican.

Por tanto

$$\text{Cargas principales} = S_P = S_G + S_L = 4,817 + 9,712 = 14,529 \text{ kN}$$

7.3.1.2. Cargas verticales

Para obtener las cargas verticales, es necesario calcular el factor dinámico, cuya fórmula es la siguiente:

$$\psi = 1 + V_R \sqrt{\frac{C}{Wg}} \quad (25)$$

donde

V_R es la velocidad relativa entre la carga y el gancho de la grúa, dada por el fabricante en m/s.

C es el coeficiente de rigidez geométrico referido a la posición del gancho de la grúa, dado también por el fabricante en kN/m.

W es la carga de trabajo S_L en kN.

g es la aceleración de la gravedad en m/s^2 .

$$\psi = 1 + 0,4 \sqrt{\frac{38,259}{9,712 * 9,81}} = 1,253$$

Por tanto, las cargas verticales es el producto de este coeficiente por las cargas de trabajo anteriores, en kN:

$$\text{Cargas verticales} = S_V = 1,253 * 9,712 = 12,174 \text{ kN}$$

7.3.1.3. Cargas horizontales

Las cargas horizontales se dividen en:

- a) Fuerzas de inercia, que se consideran como el 15% de las cargas verticales en kN.
- b) Fuerzas centrífugas, que en este caso no se aplican porque la grúa no es giratoria.
- c) Fuerzas transversales, que se estima como el 10% del peso unidad de elevación, en kN.
- d) Cargas por amortiguamiento, que no se aplican para esta grúa debido a que su velocidad de elevación es menor de 0,7 m/s.

Por tanto

$$\text{Cargas horizontales} = S_H = (0,15 * 12,174) + (0,1 * 9,712) = 2,797 \text{ kN}$$

7.3.1.4. Cargas debidas al movimiento del buque

Estas cargas se calculan basándose en el *apéndice C* de la misma normativa. En primer lugar se calculan las aceleraciones en los sentidos vertical, longitudinal y transversal:

$$\begin{aligned} a_V &= 1 * g = 1 * 9,81 \text{ m/s}^2 = 9,81 \text{ m/s}^2 \\ a_L &= 0,3 * g = 0,3 * 9,81 \text{ m/s}^2 = 2,94 \text{ m/s}^2 \\ a_T &= 0,7 * g = 0,7 * 9,81 \text{ m/s}^2 = 6,87 \text{ m/s}^2 \end{aligned}$$

Con estas aceleraciones, y el desplazamiento del buque (M) se calculan las cargas debidas al movimiento del buque:

$$\begin{aligned} P_V &= (g + 0,5 * a_V) * M = (9,81 + 0,5 * 9,81) * 140,6 = 2,069 \text{ kN} \\ P_L &= (0,67 * a_L) * M = (0,67 * 2,94) * 140,6 = 0,277 \text{ kN} \\ P_T &= (0,27 * a_T) * M = (0,27 * 6,87) * 140,6 = 0,261 \text{ kN} \end{aligned}$$

Por tanto

$$\text{Cargas debidas al mov. buque} = S_M = P_V + P_L + P_T = 2,072 + 0,261 + 0,278 = 2,607 \text{ kN}$$

7.3.1.5. Cargas debidas a los efectos climáticos

Las cargas debidas a efectos climáticos se clasifican en:

a) Cargas debidas a la nieve y el frío. El buque va a navegar por el litoral costero de la Región de Murcia, zona geográfica donde no se forma hielo por sus temperaturas suaves en invierno y de forma excepcional nieva. Por estas razones no se tiene en cuenta esta carga.

b) Cargas debidas a las variaciones de temperatura. Este sería un dato que tendría que dar el fabricante, pero como no lo da, tampoco se tiene en cuenta.

c) Cargas debidas al viento, que se calculan con la siguiente ecuación del *apéndice A* de la normativa:

$$P = A * q * C * \sin \alpha \quad (26)$$

donde

P es la fuerza del viento en N.

A es el área expuesta en m^2 :

C es el coeficiente de presión medio para la superficie expuesta. Se toma una superficie de lados planos, con un valor de $C=2$ según la *tabla A-1* del *apéndice A* (*tabla 28*).

Tabla 28. Tabla A1 coefficient C

Type of member	Coefficient C		
	Pressure	Suction	Total
Flat-sided section			2.0
<i>Tubular member:</i>			
diameter < 0.3 m			1.2
diameter ≥ 0.3 m			0.7
Trusses of flat-sided sections			1.8
Trusses of tubular members			1.1
For leeward truss in case of two trusses behind each other			2/3 of above values
Machinery houses, cabins, counterweights and the like	Max:1.0 Average:0.7	Max:1.0 Average:0.7	1.2
<i>Working load:</i>			
Containers and similar shapes	(0.7)	(0.5)	1.2
Other shapes			1.0

α es el ángulo entre la dirección del viento y la superficie expuesta. Para este cálculo se toma la situación más desfavorable, es decir, con una dirección del viento perpendicular a la superficie (90°).

q es la presión de la velocidad del aire, que es:

$$q = q_{10}(0,9 + 0,01 * H) \quad (27)$$

q_{10} es la presión de la velocidad a 10 metros sobre el suelo, que se toma en la condición más desfavorable de barco en la mar, por lo que tiene un valor de 1200 N/m² (tabla 29).

H es la altura considerada (m).

De acuerdo con las consideraciones:

Tabla 29.A-2.Design velocity pressure

Location	Crane condition	V_{10}	q_{10}
Inland and sheltered conditions	"Working"	≈ 20	250
Ship in harbour	"Out of service"	≈ 36	800
Offshore and open areas	"Working"	≈ 24	360
Ship at sea	"Out of service"	≈ 44	1200

Por tanto

$$q = 1200*(0,9+0,01*7,424)=1169,088 \text{ N/m}^2$$

$$\text{Cargas debidas a los ef. climáticos} = S_w = 4,448 * 1169,088 * 2 * \sin(90^\circ) = 10,4 \text{ kN}$$

7.3.1.6.. Cargas diversas

En este trabajo, la grúa no va a tener ningún tipo de carga especial, por lo que estas cargas son despreciables.

Una vez que están definidas todas las cargas, se pasa al cálculo de las distintas condiciones de carga en las que va a trabajar la grúa según la normativa *DNVGL-ST-0378*, basándose en la sección 4 *structural design and strength*, para poder hacer un análisis y observar cuál es la condición de carga más desfavorable para la grúa.

Los casos de cargas son:

- Caso 1. Grúa trabajando sin viento.

Las cargas sin viento se calculan con la siguiente fórmula:

$$S_G + \psi * S_L + S_H = 4,817 + 1,25 * 9,712 + 2,797 = 19,788 \text{ kN}$$

- Caso 2: Grúa trabajando con viento.

Las cargas con viento se calculan con la siguiente fórmula:

$$S_G + \psi * S_L + S_H + S_w = 4,817 + 1,25 * 9,712 + 2,797 + 10,4 = 27,391 \text{ kN}$$

- Caso 3: Grúa trabajando sujeta a cargas excepcionales.

Para este caso se calculan dos cargas, teniendo en cuenta la más desfavorable:

$$\text{IIIa} = S_G + S_L + S_T = 4,817 + 9,712 = 14,529 \text{ kN}$$

$$\text{IIIb} = S_G + S_M + S_W = 4,817 + 2,611 + 10,4 = 17,828 \text{ kN}$$

Como se puede observar, la carga más desfavorable es con viento, 27,391 kN.

7.4 COMPROBACIÓN DE LA RESISTENCIA ESTRUCTURAL

Una vez que se ha calculado la máxima carga a la que va a estar sometida la grúa, se procede a calcular el valor del módulo del perfil con plancha asociada que tiene que aguantar el refuerzo y la plancha sobre los que se apoya la misma. La grúa se apoya sobre dos baos y sobre dos longitudinales, que cubren la zona donde se coloca el polín de la grúa, por lo que se realiza un análisis a cada uno de los elementos para obtener un margen de seguridad que permita cargar el peso en la cubierta superior.

Para obtener el módulo del perfil con plancha asociada que asegura el soporte de la carga, se usa la fórmula que establece la *normativa DNV* usada en los apartados anteriores:

$$Z_{requerido} = \frac{0,63 * l^2 * s * p * w_k}{f_1} \quad (28)$$

donde

l es la longitud del refuerzo en m.

s es el espaciado entre refuerzos en m.

p es la presión en kPa.

w_k es la adición por corrosión, que se toma como 1.

f_1 es el factor del material, que se toma como 1.

Usando esta fórmula, y metiendo los datos en centímetros, se obtiene un módulo para el bao de **16,072 cm³** y un módulo para el longitudinal de **9,471 cm³**.

Estos son los valores de los módulos que tienen que aguantar ambos tipos de refuerzos. Ahora se calculan los módulos de los refuerzos que están actualmente en el buque, en la posición donde irá colocada la grúa, para saber si cumplen con este requisito. El análisis que se va a realizar es el usado en los apuntes de la asignatura de "diseño y cálculo de estructuras navales" (Martínez García, J.A) , impartida en el grado.

La estructura que se va a analizar, tanto para los longitudinales como para los baos, se divide en tres segmentos que se van a tomar como rectángulos, y son la plancha asociada, el alma del perfil y el ala del perfil de cada refuerzo (*figura 32*).

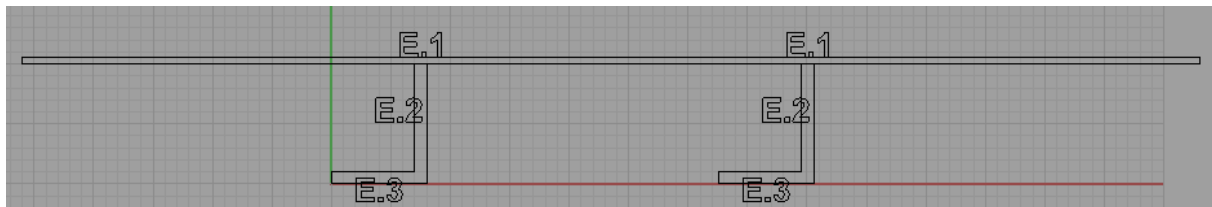


Figura 32. Segmentos de la estructura

De cada uno de ellos se van a calcular las siguientes características:

- Área en cm². Es el producto del espesor del segmento y su longitud transversal.
- Altura del centro de gravedad respecto a la línea de referencia en cm. Se toma esta medida como la altura sobre la base del ala del refuerzo.
- Momento estático en cm³. Es el producto entre el área y la altura del centro de gravedad.
- Momento de inercia cm⁴. Es el producto entre el momento estático y la altura del centro de gravedad.
- Inercia propia en cm⁴. Es la inercia de cada segmento, y al ser rectángulos su valor es $\frac{1}{12}a^3b$.

Las siguientes *tabla 30* y *31* muestran los cálculos mencionados de los baos y los longitudinales:

Tabla 30. Cálculos del módulo del refuerzo (bao) actual

Elemento	Área (cm ²)	y (cm)	M.Estático (cm ³)	M.Inercia (cm ⁴)	Inercia propia (cm ⁴)
1(plancha)	39,6	10,3	407,88	4201,164	0
2(alma)	9	5,5	49,5	272,25	60,75
3(ala)	8	0,5	4	2	0
sumatorios	56,6		461,38	4475,414	60,75

Tabla 31. Cálculos del módulo del refuerzo (longitudinal) actual

Elemento	Área (cm ²)	y (cm)	M.Estático (cm ³)	M.Inercia (cm ⁴)	Inercia propia (cm ⁴)
1(plancha)	1,008	10,3	10,382	106,939	0
2(alma)	4,75	5,25	24,938	130,923	35,724
3(ala)	4	0,25	1	0,25	0
sumatorios	9,758		36,319	238,111	35,724

Con estos sumatorios se obtiene la altura del eje neutro de ambos refuerzos, que se indican en la *tabla 32*.

$$y_{EN} = \frac{\text{Momento estático}}{\text{Área}} \quad (29)$$

Tabla 32. Alturas de los ejes neutros

Altura del eje neutro	
Baos	8,708 cm ³
Longitudinales	3,722 cm ³

Estas alturas del eje neutro son respecto a la base del ala del perfil, por lo que son también la distancia del ala al eje neutro (y_{ala}). La distancia de la plancha al eje neutro (y_{plancha}) es la diferencia entre la altura de su centro de gravedad y la altura del ala.

La inercia de la estructura se calcula por el teorema de Steiner:

$$\text{Inercia} = (\text{M.Inercia} + \text{Inercia Propia}) - (\text{Área} * y_{EN}^2) \quad (30)$$



y los módulos del ala y de la plancha son:

$$Z_{ala} = \frac{Inercia}{y_{ala}} \quad (31)$$

$$Z_{plancha} = \frac{Inercia}{y_{plancha}} \quad (32)$$

En la *tabla 33*, se pueden observar los resultados de estas últimas operaciones.

Tabla 33. Resultados de los baos y longitudinales

	Baos	Longitudinales
Inercia	842,889 cm ⁴	138,649 cm ⁴
Z_{ala}	96,791 cm ³	37,251 cm ³
Z_{plancha}	445,59 cm ³	20,159 cm ³

Como se puede observar, los módulos de ambos refuerzos son mayores que los necesarios para aguantar la grúa, calculados anteriormente. Esto significa que la estructura actual del buque es resistente y válida, por lo que no es necesario cambiar ningún elemento. Se mantienen los refuerzos actuales y se coloca la grúa en su posición final.





CAPÍTULO 8. SISTEMA DE RECOGIDA DE BASURAS

8.1. INTRODUCCIÓN

El buque Ciudad de Cartagena va a tener una función medioambiental, como se comentó anteriormente. Esta nueva función consiste en ofrecer un apoyo medioambiental a través de un sistema de recogida de basuras en la superficie del mar, con una tecnología innovadora basada en las SEABIN.

8.2. SEABIN

Las Seabin consisten en unos aparatos con forma de cubos de basura que flotan en el agua y son capaces de recoger basura y desperdicios que flotan en la superficie del mar, como plásticos, papel, hasta líquidos como aceites o combustibles (*figura 33*).



Figura 33. Seabin

Están formados por: dos cubos, uno dentro del otro; una bolsa de redcilla donde se almacena la basura recogida, una almohadilla en el fondo de la red que absorbe los desperdicios líquidos, una bomba integrada en el fondo del cubo y un soporte para el cubo, en cuyo interior están los cables eléctricos para conectarse a la toma de corriente (*figura 34, 35 y 36*).

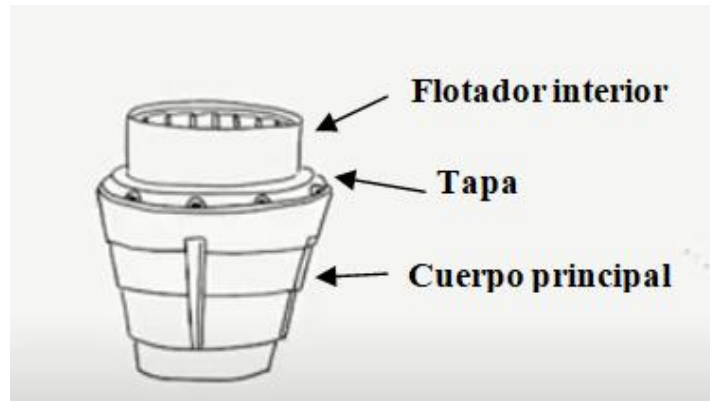


Figura 34. Cubo Seabin

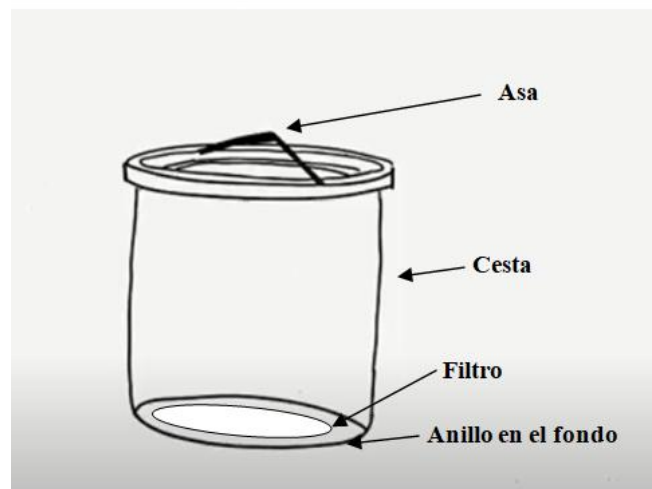


Figura 35. Cesta del Seabin

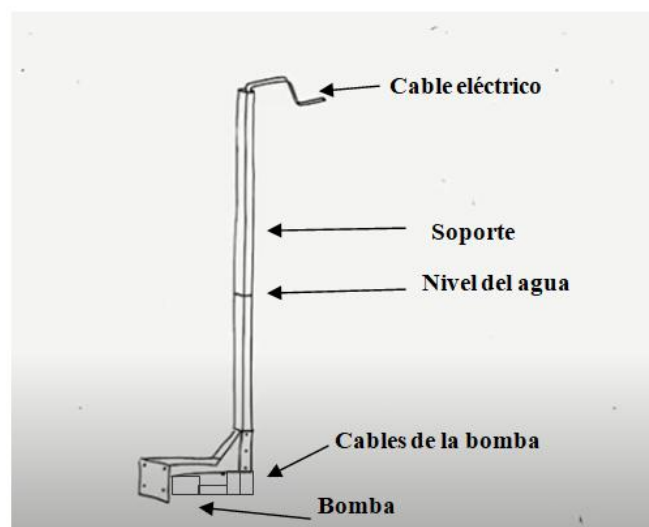


Figura 36. Soporte Seabin

Sus especificaciones técnicas son las que aparecen en la *tabla 34* y en la *figura 37*:

Tabla 34. Especificaciones técnicas Seabin

Especificaciones técnicas	
Energía	110 V / 220 V
Consumo	2,5 A / 500 W
Bomba	25 LPH
Material de construcción	Polietileno de alta densidad
Soporte de acero inoxidable	Grado marino 316 / Longitud de 1,89m
Captura de microplásticos	> 2mm
Capacidad de bolsa de captura	20 kg
Peso con soporte	55 kg
Longitud del cable eléctrico	6 m
Dimensiones Seabin (largo x ancho x alto)	500x500x700 mm
Bolsa de captura	Reutilizable
Años de garantía	2 años
Componentes	Reciclables
Capacidad de basura aproximada acumulada	1,5 kg
Mantenimiento	Diario
Mínimo de profundidad	1,2 m
Rango de francobordo	[460;820] mm
Rango de velocidad máxima de la corriente de agua	≤ 4 nudos

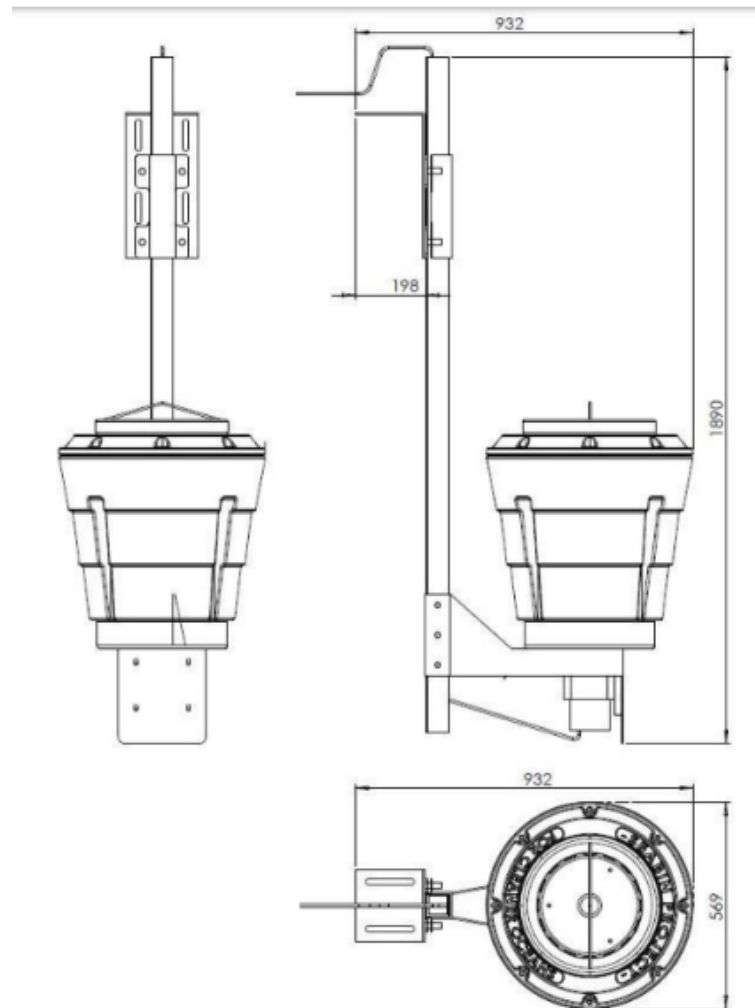


Figura 37. Dimensiones del Seabin

Su funcionamiento es muy sencillo:

- El cubo exterior se mantiene estático.
- El cubo interior se mueve arriba y abajo por el movimiento de las olas.
- Una vez que se conecta a la corriente, la bomba integrada comienza a funcionar, haciendo que el agua bombeada entre por la parte de arriba del cubo y salga por la parte de abajo, creando un efecto Venturi, que atrae el agua hacia el interior del cubo, arrastrando a la basura flotante y dejándola atrapada en la bolsa del interior.

En las *figuras 38 y 39* se puede ver el funcionamiento de la Seabin, pero con la bomba extraída del cubo para una explicación más fácil de entender:



Figura 38. Funcionamiento Seabin



Figura 39. Funcionamiento de la Seabin

Los cubos Seabin son capaces de recoger hasta 1,5 kg de basura al día, por lo que al disponer de dos cubos a bordo, se pueden recoger 3 kg. Cuando el cubo se llena, para vaciarlo simplemente se quita la bolsa y se cambia por una nueva.

Las Seabin están fabricadas con diferentes materiales:

- Plásticos totalmente reciclados para las estructuras de los cubos, algunos de ellos recogidos por ellas mismas.
- Acero inoxidable para el soporte y el asa de la bolsa.
- Tejido de fibra para la cesta de la bolsa.

Al usar materiales reciclados producen un impacto pequeño al medioambiental, que es su principal objetivo. Además, las vibraciones creadas por el cubo hacen que los peces huyan de ellas, por lo que tampoco son peligrosas para las especies marinas.

Los cubos Seabin están diseñados para funcionar en los puertos, anclados en las pasarelas del muelle con soportes. Esta sujeción resulta imposible tratándose de un buque que está navegando, de modo que se usa un sistema diferente.

El buque va a disponer de una grúa, que será la encargada de poner las Seabin en la superficie del mar. Como cada Seabin tiene su propio soporte y son individuales, la manera de juntarlas y echarlas al agua a la vez es con una pieza que una ambos soportes.

Esta pieza será de acero inoxidable e irá soldada en la parte superior de ambos soportes. Tendrá una longitud de 2 m para mantener a ambos Seabin con una separación suficiente para poder trabajar correctamente. La pieza tendrá en la parte central un gancho, por donde será enganchada a la grúa.

A continuación, en la *figura 40* se puede ver el resultado de esta unión, realizada con el programa *Rhinoceros*:

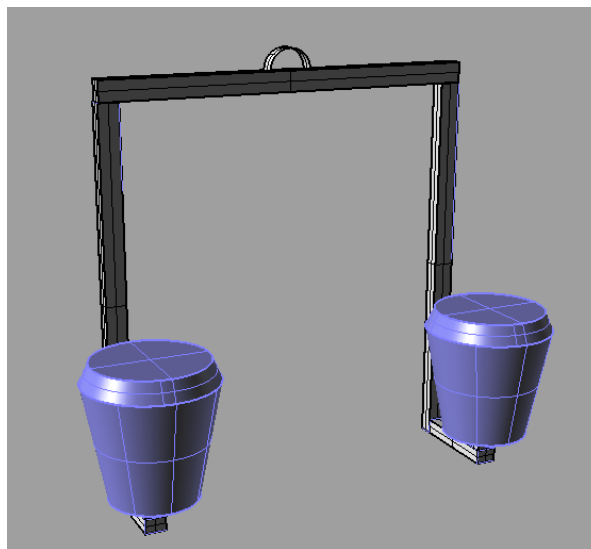


Figura 40. Unión de las Seabin

Los cubos estarán dispuestos en la cubierta superior, junto a la grúa.

Para proteger a los cables eléctricos del agua y de las condiciones ambientales, estos irán dentro de un tubo metálico con cubierta estanca.

El tubo escogido es el modelo HellermannTyton LTS25, un tubo de acero galvanizado recubierto de PVC Negro de 25 mm de diámetro y con una longitud de 9 metros, que es el máximo permitido por el Seabin (*figura 41*).

Las características de este tubo se describen a continuación:

- Tubo estanco que cumple las normativas IP68 e IP69k.
- Alta resistencia a la compresión, a la torsión y al impacto.
- Buena flexibilidad.
- Ligero recubrimiento y no se arruga cuando es doblado.
- Resistente a los ácidos, grasas, aceites y al petróleo.
- Adecuado para uso externo.



Figura 41:protección de los cables

8.3. TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE BASURA

La basura recogida por las Seabin descritas anteriormente tienen que ser almacenadas a bordo durante la navegación, ya que la capacidad de la bolsa que hay en el interior del cubo es de sólo 1,5 kg y, una vez llena, se cambia por otra vacía. La basura por lo tanto tiene que estar acumulada en un lugar a bordo hasta que se llega a puerto y se descarga.

El lugar de almacenamiento será la caja de estiba del cabo de las nasas del buque. Esta caja tiene aproximadamente un área de 10,36 m² y una altura de 2,2 m, lo que lo convierte en el espacio ideal para poder almacenar una gran cantidad de basura. En el interior de este espacio estarán distribuidos un conjunto de cubos rectangulares de basura, con unas dimensiones de 1x1 m² y una altura de 1,1 m. El número de cubos será 8, ya que son los que con las dimensiones anteriores entran en el área de la caja. En la *figura 42* puede verse mejor esta distribución.

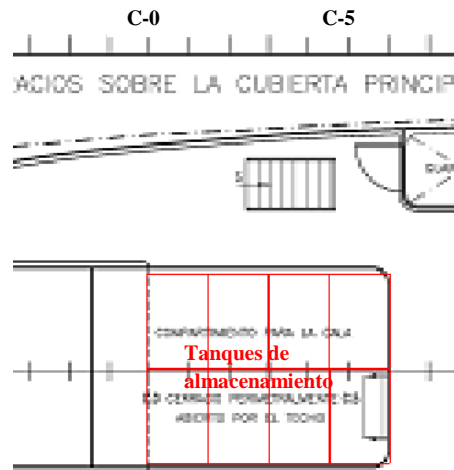


Figura 42. Posición de los tanques de basura

En estos cubos se almacenará toda la basura recogida. Se puede hacer una estimación aproximada de la cantidad de basura que se puede recoger y almacenar a bordo. Si se toma como densidad media del plástico la densidad del plástico más común, cuyo valor es de 900 kg/m^3 , y el volumen de almacenamiento del total de los cubos es de $8,8 \text{ m}^3$, la cantidad de basura que se puede recoger es de $7920 \text{ kg} = 7,92 \text{ t}$. Estas serían las toneladas que se pueden almacenar en los cubos. Para poder comprobar la eficacia de los Seabin, una cantidad más que razonable y válida para este sistema de recogida de basura es 1 tonelada, debido a la capacidad de las Seabin y a la rapidez de llenado de las mismas. Este valor es con el que se realizan los cálculos de estabilidad en el capítulo 9.





CAPÍTULO 9. ESTABILIDAD DEL BUQUE

9.1. INTRODUCCIÓN

Una vez realizadas todas las reformas a bordo, se pasa a comprobar la estabilidad del buque. El buque tiene que cumplir con una serie de criterios para poder considerarse que es seguro para navegar.

Para ello en primer lugar se hace un balance de todos los pesos que se modifican a bordo, se comprueba el ángulo de escora, y por último se calibran los tanques y se hace un análisis para comprobar los criterios.

El procedimiento a seguir y los cálculos se basan en los apuntes de la asignatura impartida en el grado de "*hidrostática y estabilidad*" (García López, D).

9.2. CÁLCULO DE LA CONDICIÓN FINAL DE ESTABILIDAD

Con la primeras transformaciones que se realizan en este trabajo, es decir, con la eliminación y traslado de algunos pesos a bordo, la estabilidad del buque ya comienza a sufrir modificaciones. Estos cambios consisten en un cálculo sencillo de carga y descarga de pesos.

Para poder saber las nuevas condiciones de estabilidad, se ha hecho una estimación aproximada de los pesos y las medidas de todos los elementos, así como la posición de su centro de gravedad a bordo. Estas dos últimas aproximaciones se han obtenido gracias al programa *Rhinoceros*, insertando los planos del buque y acotando las medidas. La forma de los elementos se ha estimado también como formas de prismas rectos para calcular el centro de gravedad de los mismos. Hay que mencionar que al ser estimaciones, puede dar lugar a imprecisiones en los datos, por lo que es posible que haya diferencias con la estabilidad real del buque.

Las coordenadas que se van a estudiar son: XG (posición longitudinal del centro de gravedad), YG (posición transversal del centro de gravedad) y KG (altura del centro de gravedad con respecto a crujía). Con estas coordenadas, tanto las de los diferentes pesos como las del buque, se aplica el *Teorema de los momentos o Varignon*, cuyo enunciado es: "Dadas varias fuerzas concurrentes, el momento resultante de estas distintas fuerzas es igual al momentos de la resultante de todas ellas". Las ecuaciones de este teorema son:

$$XG = \frac{\sum(p * xg)}{\Delta} \quad (33)$$

$$YG = \frac{\sum(p * yg)}{\Delta} \quad (34)$$



$$KG = \frac{\sum(p * kg)}{\Delta} \quad (35)$$

donde

Δ es el desplazamiento del buque en toneladas.

xg , yg y kg son las coordenadas del centro de gravedad de los diferentes pesos en metros.

XG ; YG y KG son las coordenadas resultantes del centro de gravedad del buque en metros.

p es el peso del conjunto de elementos que se quitan o se instalan a bordo en toneladas.

Con estas coordenadas y, usando los datos de las curvas hidrostáticas del *cuaderno de estabilidad Ciudad de Cartagena.*, se puede obtener el radio metacéntrico (BM), el centro de carena (KB), y por tanto, la altura metacéntrica (GM).

$$GM = BM + KB - KG \quad (36)$$

Calculada la altura metacéntrica, se puede obtener el ángulo de escora del buque. Este dato es importa, ya que condiciona la disposición de todos los nuevos elementos que se van a integrar a bordo.

$$GM = \frac{YG * p}{\tan(\theta)} \quad (37)$$

donde

GM es la altura metacéntrica en metros.

YG es la coordenada transversal del centro de gravedad del buque en metros.

p es el peso del conjunto de elementos que se quitan o se instalan a bordo en toneladas.

θ es el ángulo de escora en grados.

En resumen, el procedimiento de cálculo para conocer la estabilidad del buque es el siguiente: se estiman los pesos y las coordenadas de sus centros de gravedad, se aplica el teorema de los momentos, se calculan nuevas curvas hidrostáticas y se obtiene el ángulo de escora resultante.

Este procedimiento de cálculo se va a dividir en dos partes: en la primera parte se estiman los pesos que se eliminan a bordo y se calcula la estabilidad resultante, y en la segunda se estiman los pesos que se añaden a bordo y se calcula la estabilidad final.

Los datos de partida de los cálculos son los datos de las curvas hidrostáticas del buque después de la transformación de pasar de buque de pesca de arrastre a buque de pesca con nasas, cuyos valores se encuentran en el *cuaderno de estabilidad Ciudad de Cartagena*. (tabla 35)

Tabla 35. Curvas hidrostáticas de partida del buque

Curvas hidrostáticas de partida del buque	
Desplazamiento	142,66 t
GM	0,835 m
KG	2,521 m
XG	8,516 m
YG	0 m
KB	1,358 m
BMt	1,97 m
KMt	3,328 m
Tm	2,205 m
Ángulo de escora	0° (adrizado)
KMI	22,251 m
TCI	1,085 Tm/cm
MTC	1,628 tm
BMI	20,894 m

9.2.1. Primera parte del procedimiento

La primera parte del proceso es aplicar el procedimiento explicado anteriormente con los datos de partida del buque y con los datos estimados de los pesos que se eliminan a bordo. Hay que recordar que son estimaciones, por lo que es posible que no coincidan exactamente con su posición a bordo. En la *tabla 36*, se muestran los resultados. Como se puede ver, el buque se queda con un ángulo de escora permanente hacia la banda de estribor, que será el que hay que contrarrestar cuando se añadan los demás pesos.

Tabla 36. Curvas hidrostáticas con la eliminación de pesos

Curvas hidrostáticas con la eliminación de pesos	
Desplazamiento	134,78 t
GM	0,882 m
KG	2,443 m
XG	8,550 m
YG	0,074 m
KB	1,310 m
BMt	2,014 m
KMt	3,324 m
Tm	2,131 m
Ángulo de escora	4,778°
KMI	21,67 m
TCI	1,054 Tm/cm
MTC	1,498 tm
BMI	20,360 m

En la *tabla 37*, se muestran los datos de los pesos eliminados.

Tabla 37. Datos de los pesos que se eliminan

Elemento	Xg (m)	Kg (m)	Yg (m)	p (kg)	Xg*p	Yg *p	Kg*p
mamparo máquinas frigoríficas longitudinal	6,020	4,100	0,000	-158,401	-0,954	0,000	-0,649
mamparo máquinas frigoríficas longitudinal largo	9,423	4,100	-1,194	-331,038	-3,119	0,395	-1,357
mamparo máquinas frigoríficas transversal	7,027	4,100	-0,568	-78,523	-0,552	0,045	-0,322
mamparo máquinas frigoríficas transversal largo	4,953	4,100	-1,575	-192,315	-0,953	0,303	-0,788
conjunto de brazolas de la escotilla actual hacia la bodega	9,443	3,500	0,000	-136,820	-1,292	0,000	-0,479
tapa escotilla actual hacia la bodega	9,443	4,000	0,000	-37,236	-0,352	0,000	-0,149
escala escotilla actual hacia la bodega	9,443	1,500	0,000	-9,	-0,085	0,000	-0,014
nueva mesa de trabajo inox.	5,000	4,000	-0,500	-150	-0,750	0,075	-0,600
nuevas instalaciones frigorífica y congeladora	8,000	3,900	-2,050	-5200	-41,600	10,46	-20,280
nuevos equipos de cubierta para la pesca de nasas	3,000	4,200	0,000	-250	-0,750	0,000	-1,050
generador actual	9,423	3,450	0,250	-700	-6,596	-0,175	-2,415
Maquinilla cubierta principal	8,255	3,750	2,100	-500	-4,128	-1,050	-1,875
guiador maquinilla	10,210	4,000	3,150	-50	-0,511	-0,158	-0,200
refuerzos longitudinales abertura nueva escotilla hacia bodega	11,135	2,950	1,904	-7,495	-0,083	-0,014	-0,022

Elemento	Xg (m)	Kg (m)	Yg (m)	p (kg)	Xg*p	Yg *p	Kg*p
refuerzos transversales abertura nueva escotilla hacia bodega	11,135	2,950	1,904	-23,675	-0,264	-0,045	-0,070
plancha abertura de la nueva escotilla hacia la bodega	11,135	3,000	1,904	-55,853	-0,622	-0,106	-0,168
			Sumatorios	-7880,356	-62,609	9,93	-30,438

9.2.2. Segunda parte del procedimiento

La segunda parte del procedimiento consiste añadir los pesos partiendo de las curvas hidrostáticas de la primera parte. Los resultados de las curvas hidrostáticas se muestran en la *tabla 38*. Como se puede observar, aún teniendo los tanques de lastre líquido, sigue existiendo un ángulo de escora permanente hacia la banda de babor de $0,03^\circ$. Si con estas condiciones se simula la posición de los pasajeros en el aula (13 pasajeros con un peso de 75 kg cada uno), el ángulo de inclinación pasa a ser de $0,005^\circ$. Ambos ángulos tienen valores muy pequeños, cercanos a 0° , por lo que se toman como válidos y el buque se considera adrizado. Los resultados de la *tabla 38* son las curvas hidrostáticas finales, y serán los datos que se van a usar en los siguientes apartados. En la *tabla 39* se muestran los datos de los pesos que se han añadido y que algunos se han comentado en capítulos anteriores, como por ejemplo los elementos de salvamento.

Tabla 38. Curvas hidrostáticas finales con la integración de pesos

Curvas hidrostáticas finales con la integración de pesos	
Desplazamiento	147,209 t
GM	0,947 m
KG	2,381 m
XG	8,712 m
YG	-0,009 m
KB	1,387 m
BMt	1,947 m
KMt	3,329 m
Tm	2,247 m
Ángulo de escora	$-0,03^\circ$
KMI	219,769 m
TCI	1,104 Tm/cm
MTC	1,708 tm
BMI	21,276 m



Tabla 39. Datos de los pesos que se añaden

Elemento	Xg (m)	Kg (m)	Yg (m)	p (kg)	Xg*p	Yg *P	Kg*p
plancha abertura escotilla actual hacia la bodega	9,443	3,000	0	55,853	0,527	0,000	0,168
refuerzos longitudinales abertura actual escotilla hacia bodega	9,443	2,950	0	7,496	0,071	0,000	0,022
refuerzos transversales abertura actual escotilla hacia bodega	9,443	2,950	0	23,675	0,224	0,000	0,070
nuevo generador	5,195	3,450	0,859	750,000	3,896	0,645	2,588
plancha que tapa la abertura en el costado a estribor	10,208	4,5	3,15	109,900	1,122	0,346	0,495
mesa profesor	10,651	3,900	-2,293	7,000	0,075	-0,016	0,027
mesa 1 primera fila	8,638	3,900	2,170	7,000	0,060	0,015	0,027
mesa 2 primera fila	8,638	3,900	-1,535	7,000	0,060	-0,011	0,027
mesa 3 primera fila	8,638	3,900	-0,798	7,000	0,060	-0,006	0,027
mesa 4 primera fila	8,638	3,900	-0,061	7,000	0,060	0,000	0,027
mesa 5 primera fila	8,638	3,900	0,716	7,000	0,060	0,005	0,027
mesa 6 primera fila	8,638	3,900	1,126	7,000	0,060	0,008	0,027
mesa 1 segunda fila	6,947	3,900	2,170	7,000	0,049	0,015	0,027
mesa 2 segunda fila	6,947	3,900	-1,535	7,000	0,049	-0,011	0,027
mesa 3 segunda fila	6,947	3,900	-0,798	7,000	0,049	-0,006	0,027
mesa 4 segunda fila	6,947	3,900	-0,061	7,000	0,049	0,000	0,027
mesa 5 segunda fila	6,947	3,900	0,716	7,000	0,049	0,005	0,027
mesa 6 segunda fila	6,947	3,900	1,126	7,000	0,049	0,008	0,027
silla profesor	10,651	3,460	-2,293	2,000	0,021	-0,005	0,007
silla 1 primera fila	8,638	3,460	2,170	2,000	0,017	0,004	0,007
silla 2 primera fila	8,638	3,460	-1,535	2,000	0,017	-0,003	0,007
silla 3 primera fila	8,638	3,460	-0,798	2,000	0,017	-0,002	0,007
silla 4 primera fila	8,638	3,460	-0,061	2,000	0,017	0,000	0,007
silla 5 primera fila	8,638	3,460	0,716	2,000	0,017	0,001	0,007
silla 6 primera fila	8,638	3,460	1,126	2,000	0,017	0,002	0,007
silla 1 segunda fila	6,947	3,460	2,170	2,000	0,014	0,004	0,007
silla 2 segunda fila	6,947	3,460	-1,535	2,000	0,014	-0,003	0,007
silla 3 segunda fila	6,947	3,460	-0,798	2,000	0,014	-0,002	0,007
silla 4 segunda fila	6,947	3,460	-0,061	2,000	0,014	0,000	0,007
silla 5 segunda fila	6,947	3,460	0,716	2,000	0,014	0,001	0,007
silla 6 segunda fila	6,947	3,460	1,126	2,000	0,014	0,002	0,007
Pizarra	10,963	4,800	0,000	7,000	0,077	0,000	0,034
Proyector	8,671	5,095	0,000	13,000	0,113	0,000	0,066
aparatos del laboratorio 1	11,920	1,500	-1,945	80,000	0,954	-0,156	0,120
aparatos del laboratorio 3	13,088	1,500	-0,737	80,000	1,047	-0,059	0,120
aparato del laboratorio 4	13,088	1,500	1,351	80,000	1,047	0,108	0,120
aparatos del laboratorio 2	12,121	1,500	1,945	60,000	0,727	0,117	0,090
aparatos del laboratorio 5	8,983	1,500	0,000	60,000	0,539	0,000	0,090
mamparo longitudinal comp.desel generador	5,195	4,100	-1,126	118,228	0,614	-0,133	0,485
mamparo transversal comp.diesel generador proa	6,081	4,100	0,860	271,503	1,651	0,233	1,113
mamparo transversal comp.diesel generador popa	4,329	4,100	0,860	271,503	0,620	0,233	1,113



Elemento	Xg (m)	Kg (m)	Yg (m)	p (kg)	Xg*p	Yg *p	Kg*p
mamparo popa aula	4,953	4,100	-2,047	118,228	0,586	-0,242	0,485
conjunto brazolas nueva escotilla hacia bodega	11,135	3,500	1,904	136,820	1,523	0,260	0,479
tapa nueva escotilla hacia bodega	11,135	4,000	1,904	37,236	0,415	0,071	0,149
Escala nueva escotilla	11,135	1,500	1,904	9,000	0,100	0,017	0,014
aparato A. acondicionado unidad exterior clase	2,879	5,498	-0,983	40,000	0,115	-0,039	0,220
aparato A. acondicionado unidad interior clase	6,173	5,050	0,716	20,000	0,123	0,014	0,101
aparato A. acondicionado unidad exterior clase	2,879	5,498	-0,102	40,000	0,115	-0,004	0,220
aparato A. acondicionado unidad interior clase	6,173	5,050	-0,716	20,000	0,123	-0,014	0,101
ventilador extracción clase	9,750	5,000	0,000	5,000	0,049	0,000	0,025
aparato A. acondicionado unidad interior lab	10,369	2,850	0,778	20,000	0,207	0,016	0,057
aparato A. acondicionado unidad exterior lab	2,879	6,094	-0,102	40,000	0,115	-0,004	0,244
aparato A. acondicionado unidad interior lab	10,369	2,850	-0,778	20,000	0,207	-0,016	0,057
aparato A. acondicionado unidad exterior lab.	2,879	5,498	0,798	40,000	0,115	0,032	0,220
ventilador extracción laboratorio	9,750	3,000	0,000	5,000	0,049	0,000	0,015
sistema de ventilación comp. diesel generador	10,875	4,000	0,860	20,000	0,218	0,017	0,080
Grúa	7,542	6,312	-1,470	491,000	3,703	-0,722	3,099
balsa salvavidas 1 estribor	12,564	5,700	2,900	140,000	1,759	0,406	0,798
balsa salvavidas 2 estribor	10,271	5,700	2,900	140,000	1,438	0,406	0,798
balsa salvavidas 1 babor	12,564	5,700	-2,900	140,000	1,759	-0,406	0,798
balsa salvavidas 2 babor	10,271	5,700	-2,900	140,000	1,438	-0,406	0,798
aros salvavidas babor	9,750	5,700	-3,150	10,000	0,098	-0,032	0,057
aros salvavidas estribor	10,875	5,700	3,150	10,000	0,109	0,032	0,057
chalecos salvavidas cubierta superior	11,238	5,741	0,154	22,000	0,247	0,003	0,126
chalecos salvavidas cubierta principal	4,000	4,100	0,860	22,000	0,088	0,019	0,090
conjunto de tanques para recogida de basuras	1,004	3,153	0,000	100,000	0,100	0,000	0,315
cubos seabin	9,750	6,145	-0,680	120,000	1,170	-0,082	0,737
Enchufe de los seabin	7,542	5,300	-1,460	0,500	0,004	-0,001	0,003
Tanque de lastre líquido 4.br	10,25	0,48	-1,445	3837	39,329	-5,544	1,842
Tanque de lastre líquido 3.br	13,25	0,488	-1,395	4580	60,685	-6,389	2,235
			Sumatorios	12428,942	130,150	-11,264	21,357

9.3. ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD

Una vez que se han eliminado y añadido todo los pesos a bordo y se han obtenido las curvas hidrostáticas, hay que comprobar que esta estabilidad es válida para las nuevas funciones del buque.

El buque, al tener un aula y un laboratorio a bordo, y con una capacidad de 13 pasajeros, ya no es posible aplicar los criterios de un buque pesquero, sino que se tiene que aplicar los criterios de un buque de pasaje, al superar el número de doce pasajeros a bordo.

Estos nuevos criterios son los exigidos por la Administración Española en la O.M. de 29-07-70, que a su vez adoptan las recomendaciones de la O.M.I, en las *Circulares núms.12/90 y 17/90 sobre estabilidad de buques de carga y pasaje menores de 100m de eslora.*

Estos criterios de estabilidad son:

- El área bajo la curva de brazos adrizantes no será inferior a 0,055 mrad hasta el ángulo de escora de 30°.
- El área bajo la curva de brazos adrizantes no será inferior a 0,09 mrad hasta el ángulo de escora de 40° o el ángulo de inundación.
- El área que quede debajo de la curva de brazos adrizantes entre los ángulos de 30° y 40° grados o entre 30° y el ángulo de inundación, no será inferior a 0,03 mrad.
- El brazo adrizante será de 200 mm como mínimo para un ángulo de escora de 30°.
- El brazo adrizante máximo corresponderá a un ángulo de escora no inferior a 25°.
- La altura metacéntrica inicial corregida no será inferior a 150 mm.
- El ángulo de escora producido por la posición más desfavorable de los pasajeros, no debe exceder de 10°.

Las situaciones de carga para este buque de pasaje son las que se muestran a continuación. Cada una de ellas lleva su correspondiente tabla con los datos de los pesos correspondientes a cada situación introducidas en el programa Maxsurf Stability. En estas situaciones se ha tenido en cuenta el peso de cada uno de los 13 pasajeros y 5 tripulantes (75 kg cada persona), su equipaje individual estimado en 5 kg, las provisiones para la navegación estimadas en 50 kg; y la carga de plástico recogida en las llegadas a puerto (1 tonelada).

- Salida de puerto, con el 100% de combustible, provisiones, tripulantes y pasajeros con su equipaje. (tabla 40).

Tabla 40. Condición salida de puerto, 100% de combustible, provisiones, tripulantes y pasajeros con su equipaje

Elemento	Cantidad	Unidad de masa (t)	Masa total (t)	Unidad de volumen (m ³)	Volumen total (m ³)	Brazo longitudinal (m)	Brazo transversal (m)	Brazo vertical (m)
Buque en rosca	1	147,209	147,209			8,712	0,000	2,381
pasajeros con sus equipajes	1	1,040	1,040			7,790	0,000	6,000
tripulación con su equipaje	1	0,400	0,400			13,080	0,000	6,000
Provisiones	1	0,050	0,050			13,000	0,000	4,000
agua dulce ta.1	100%	4,995	4,995	4,995	4,995	18,484	0,000	3,102
comb.tc.2	100%	0,666	0,666	0,793	0,793	16,185	0,000	1,106
comb.tc.3.er	100%	0,653	0,653	0,778	0,778	12,884	0,361	0,981
comb.tc.4.er	100%	0,509	0,509	0,606	0,606	10,125	0,395	0,844
agua dulce ta.5.br	100%	2,302	2,302	2,302	2,302	6,903	-0,535	0,986
agua dulce ta.5.er	100%	2,302	2,302	2,302	2,302	6,903	0,535	0,986
comb.tc.6.br	100%	4,985	4,985	5,934	5,934	0,302	-0,780	3,060
comb.tc.6.er	100%	5,253	5,253	6,253	6,253	0,286	0,783	3,088

Elemento	Cantidad	Unidad de masa (t)	Masa total (t)	Unidad de volumen (m ³)	Volumen total (m ³)	Brazo longitudinal (m)	Brazo transversal (m)	Brazo vertical (m)
aceite tac.7	100%	0,934	0,934	1,015	1,015	2,523	-0,832	2,756
aceite tac.8	100%	1,562	1,562	1,697	1,697	2,510	0,000	2,450
comb.tsd.1	100%	0,730	0,730	0,869	0,869	2,518	-1,658	2,884
comb.tsd.2	100%	0,900	0,900	1,071	1,071	2,523	0,855	2,760
Caso de carga total			174,587	29,999	28,428	8,338	-0,008	2,426
Corrección FS								0,000
Fluido VCG								2,426

- Llegada a puerto, con el 10% de combustible, la mitad de las provisiones, tripulantes y pasajeros con su equipaje, peso de basura de plástico recogida por las Seabin (tabla 41).

Tabla 41. Condición llegada a puerto con 10% del combustible, mita de las provisiones, tripulantes y pasajeros con su equipaje, peso de basura de plástico recogida por las Seabin

Elemento	Cantidad	Unidad de masa (t)	Masa total (t)	Unidad de volumen (m ³)	Volumen total (m ³)	Brazo longitudinal (m)	Brazo transversal (m)	Brazo vertical (m)
Buque en rosca	1	147,209	147,209			8,712	0,000	2,381
pasajeros con su equipaje	1	1,040	1,040			7,790	0,000	6,000
tripulación con su equipaje	1	0,400	0,400			13,080	0,000	6,000
mitad de las provisiones	1	0,025	0,025			13,000	0,000	4,000
peso de basura de plástico recogida	1	1,000	1,000			1,004	0,000	3,153
agua dulce ta.1	10%	4,995	0,500	4,995	0,500	18,352	0,000	1,655
comb.tc.2	10%	0,666	0,067	0,793	0,079	16,011	0,000	0,777
comb.tc.3.er	10%	0,653	0,065	0,778	0,078	12,934	0,073	0,648
comb.tc.4.er	10%	0,509	0,051	0,606	0,061	10,092	0,074	0,513
agua dulce ta.5.br	10%	2,302	0,230	2,302	0,230	6,632	-0,099	0,516
agua dulce ta.5.er	10%	2,302	0,230	2,302	0,230	6,632	0,099	0,516
comb.tc.6.br	10%	4,985	0,498	5,934	0,593	1,399	-0,536	2,428
comb.tc.6.er	10%	5,253	0,525	6,253	0,625	1,373	0,551	2,448
aceite tac.7	10%	0,934	0,093	1,015	0,101	2,704	-0,688	2,102
aceite tac.8	10%	1,562	0,156	1,697	0,170	2,545	0,000	1,563
comb.tsd.1	10%	0,730	0,073	0,869	0,087	2,654	-1,529	2,387
comb.tsd.2	10%	0,900	0,090	1,071	0,107	2,700	0,699	2,110
Caso de carga total			152,253	29,999	2,861	8,631	-0,001	2,410
Corrección FS								0,060
Fluido VCG								2,470

- Salida de puerto, con el 50% de combustible, provisiones, tripulantes y pasajeros con su equipaje. (tabla 42).

Tabla 42. Salida de puerto con 50% de combustible, provisiones, tripulantes y pasajeros con su equipaje

Elemento	Cantidad	Unidad de masa (t)	Masa total (t)	Unidad de volumen (m ³)	Volumen total (m ³)	Brazo longitudinal (m)	Brazo transversal (m)	Brazo vertical (m)
Buque en rosca	1	147,209	147,209			8,712	0,000	2,381
pasajeros con sus equipajes	1	1,040	1,040			7,790	0,000	6,000
tripulación con su equipaje	1	0,400	0,400			13,080	0,000	6,000
Provisiones	1	0,050	0,050			13,000	0,000	4,000
agua dulce ta.1	50%	4,995	2,498	4,995	2,498	18,403	0,000	2,543
comb.tc.2	50%	0,666	0,333	0,793	0,397	16,243	0,000	0,966
comb.tc.3.er	50%	0,653	0,327	0,778	0,389	12,886	0,204	0,869
comb.tc.4.er	50%	0,509	0,255	0,606	0,303	10,091	0,216	0,739
agua dulce ta.5.br	50%	2,302	1,151	2,302	1,151	6,837	-0,353	0,813
agua dulce ta.5.er	50%	2,302	1,151	2,302	1,151	6,837	0,353	0,813

Elemento	Cantidad	Unidad de masa (t)	Masa total (t)	Unidad de volumen (m ³)	Volumen total (m ³)	Brazo longitudinal (m)	Brazo transversal (m)	Brazo vertical (m)
comb.tc.6.br	50%	4,985	2,492	5,934	2,967	0,576	-0,739	2,797
comb.tc.6.er	50%	5,253	2,626	6,253	3,127	0,545	0,745	2,816
aceite tac.7	50%	0,934	0,467	1,015	0,507	2,546	-0,814	2,430
aceite tac.8	50%	1,562	0,781	1,697	0,849	2,520	0,000	1,972
comb.tsd.1	50%	0,730	0,365	0,869	0,434	2,536	-1,641	2,624
comb.tsd.2	50%	0,900	0,450	1,071	0,536	2,546	0,836	2,436
Caso de carga total			161,594	29,999	14,307	8,525	-0,002	2,398
Corrección FS								0,056
Fluido VCG								2,454

- Salida de puerto, con el 20% de combustible, provisiones, tripulantes y pasajeros con su equipaje. (tabla 43).

Tabla 43. Salida de puerto con 20% combustible, provisiones y tripulantes y pasajeros con su equipaje

Elemento	Cantidad	Unidad de masa (t)	Masa total (t)	Unidad de volumen (m ³)	Volumen total (m ³)	Brazo longitudinal (m)	Brazo transversal (m)	Brazo vertical (m)
Buque en rosca	1	147,209	147,209			8,712	0,000	2,381
pasajeros con sus equipajes	1	1,040	1,040			7,790	0,000	6,000
tripulación con su equipaje	1	0,400	0,400			13,080	0,000	6,000
Provisiones	1	0,050	0,050			13,000	0,000	4,000
agua dulce ta.1	20%	4,995	0,999	4,995	0,999	18,367	0,000	1,978
comb.tc.2	20%	0,666	0,133	0,793	0,159	16,224	0,000	0,831
comb.tc.3.er	20%	0,653	0,131	0,778	0,156	13,032	0,079	0,728
comb.tc.4.er	20%	0,509	0,102	0,606	0,121	10,132	0,080	0,596
agua dulce ta.5.br	20%	2,302	0,460	2,302	0,460	6,706	-0,176	0,633
agua dulce ta.5.er	20%	2,302	0,460	2,302	0,460	6,706	0,176	0,633
comb.tc.6.br	20%	4,985	0,997	5,934	1,187	1,104	-0,645	2,570
comb.tc.6.er	20%	5,253	1,051	6,253	1,251	1,071	0,654	2,587
aceite tac.7	20%	0,934	0,187	1,015	0,203	2,615	-0,760	2,211
aceite tac.8	20%	1,562	0,312	1,697	0,339	2,539	0,000	1,671
comb.tsd.1	20%	0,730	0,146	0,869	0,174	2,589	-1,590	2,458
comb.tsd.2	20%	0,900	0,180	1,071	0,214	2,614	0,777	2,218
Caso de carga total			153,857	29,999	5,723	8,643	-0,001	2,399
Corrección FS								0,059
Fluido VCG								2,458

Estas condiciones son una aproximación de las situaciones reales en las que va a operar el buque.

Para poder llevar a cabo este análisis de estabilidad, con estas situaciones de carga y ver si cumplen los criterios, se usa el programa *Maxsurf Stability*. En este programa se hace una simulación de cada una de las situaciones de carga y se comprueba los criterios de estabilidad.

El primer paso para realizar el análisis es calibrar los tanques que el buque lleva a bordo. En la hoja de tanques del programa, se rellenan las casillas con los tanques del buque, tomando como referencia los datos del *cuaderno de estabilidad Ciudad de Cartagena*. Una vez completada la hoja se realiza un *Tank Calibration*.

El segundo paso es rellenar las hojas de las situaciones de carga, poniendo las situaciones mencionadas anteriormente, con el buque en rosca, los pasajeros (13 personas), la

tripulación (5 personas), y los tanques calibrados anteriormente. Los criterios que se van a elegir para realizar el análisis de *Large Angle Stability*, son los criterios de *IMO/A.749(18) Code on Intact Stability/Ch3-Design criteria applicable to all ship*. Se escogen estos criterios precisamente porque se aplican a todo tipo de buques. Una vez elegidos, se pulsa el botón *play* del programa y calcula la estabilidad.

En la siguiente *tabla 44* se pueden ver los resultados de los análisis, donde se comprueban que cumplen los criterios exigidos por la administración. El ángulo de GZ máximo tiene estos valores elevados debido a que no hay datos en el cuaderno de estabilidad del buque sobre el ángulo de inundación.

Tabla 44. Comprobación de los criterios de estabilidad

Condiciones de carga	Criterios					
	bd (0°-30°) (mrad)	bd (0°-40°) (mrad)	bd (30°-40°) (mrad)	GZmáx para 30° (m)	Ángulo de GZmáx (deg)	GMt inicial (m)
Salida de puerto, con el 100% de combustible, provisiones, tripulantes y pasajeros con su equipaje	0,465	0,817	0,333	1,774	79,1	1,689
Llegada a puerto, con el 10% de combustible, la mitad de las provisiones, tripulantes y pasajeros con su equipaje, peso de basura de plástico recogida por las Seabin	0,45	0,785	0,335	1,76	78,2	1,669
Salida de puerto, con el 50% de combustible, provisiones, tripulantes y pasajeros con su equipaje	0,456	0,798	0,342	1,77	79,1	1,675
Salida de puerto, con el 20% de combustible, provisiones, tripulantes y pasajeros con su equipaje	0,453	0,79	0,334	1,777	78,2	1,676

Por último, se realiza un análisis para comprobar la estabilidad con la grúa en funcionamiento. Cuando se iza un peso y queda suspendido, se produce un traslado virtual desde su punto de apoyo hasta el punto del cuál pende. Esto supone que el centro de gravedad del peso que se eleva se encuentra en su punto de suspensión, es decir, se encuentra en lo más alto. Esto es importante tenerlo en cuenta, ya que este tipo de situaciones condicionan mucho a la estabilidad. Es por ello que se realiza el análisis de estabilidad.

Para realizar el análisis se supone a la grúa con el peso en dos condiciones, con el brazo totalmente desplegado hacia babor, puesto que la grúa se encuentra situada en la banda de babor; y con el peso elevado verticalmente. Los criterios son los mismos que el análisis anterior, y se simulan las siguientes condiciones.

- Salida de puerto 100% combustible, provisiones, tripulantes y pasajeros con su equipaje y peso elevado por la grúa en posición vertical. (*tabla 45*).

Tabla 45. Salida de puerto 100% combustible, provisiones, tripulantes y pasajeros con su equipaje y peso elevado por la grúa en posición vertical

Elemento	Cantidad	Unidad de masa (t)	Masa total (t)	Unidad de volumen (m ³)	Volumen total (m ³)	Brazo longitudinal (m)	Brazo transversal (m)	Brazo vertical (m)
Buque en rosca	1	147,209	147,209			8,712	0,000	2,381
pasajeros con su equipaje	1	1,040	1,040			7,790	0,000	6,000
tripulación con su equipaje	1	0,400	0,400			13,080	0,000	6,000
Provisiones	1	0,050	0,050			13,000	0,000	4,000
peso que eleva la grúa	1	0,990	0,990			7,542	0,000	14,900
agua dulce ta.1	100%	4,995	4,995	4,995	4,995	18,484	0,000	3,102
comb.tc.2	100%	0,666	0,666	0,793	0,793	16,185	0,000	1,106
comb.tc.3.er	100%	0,653	0,653	0,778	0,778	12,884	0,361	0,981
comb.tc.4.er	100%	0,509	0,509	0,606	0,606	10,125	0,395	0,844
agua dulce ta.5.br	100%	2,302	2,302	2,302	2,302	6,903	-0,535	0,986
agua dulce ta.5.er	100%	2,302	2,302	2,302	2,302	6,903	0,535	0,986
comb.tc.6.br	100%	4,985	4,985	5,934	5,934	0,309	-0,782	3,059
comb.tc.6.er	100%	5,253	5,253	6,253	6,253	0,294	0,785	3,087
aceite tac.7	100%	0,934	0,934	1,015	1,015	2,523	-0,832	2,756
aceite tac.8	100%	1,562	1,562	1,697	1,697	2,510	0,000	2,450
comb.tsd.1	100%	0,730	0,730	0,869	0,869	2,518	-1,658	2,884
comb.tsd.2	100%	0,900	0,900	1,071	1,071	2,523	0,855	2,760
Caso de carga total			175,478	29,999	28,615	8,354	-0,003	2,498
Corrección FS								0,000
Fluido VCG								2,498

- Llegada a puerto 10% combustible, mitad de provisiones, tripulantes y pasajeros con su equipaje, basura recogida por Seabin y peso elevado por la grúa en posición vertical. (tabla 46).

Tabla 46. Llegada a puerto 10% combustible , mitad de provisiones, tripulantes y pasajeros con su equipaje, basura recogida por Seabin y peso elevado por la grúa en posición vertical

Elemento	Cantidad	Unidad de masa (t)	Masa total (t)	Unidad de volumen (m ³)	Volumen total (m ³)	Brazo longitudinal (m)	Brazo transversal (m)	Brazo vertical (m)
Buque en rosca	1	147,209	147,209			8,712	0,000	2,381
pasajeros con su equipaje	1	1,040	1,040			7,790	0,000	6,000
tripulación con su equipaje	1	0,400	0,400			13,080	0,000	6,000
Mitad de las provisiones	1	0,025	0,025			13,000	0,000	4,000
peso de basura de plástico recogida	1	1,000	1,000			1,004	0,000	3,153
peso que eleva la grúa	1	0,990	0,990			7,542	0,000	14,900
agua dulce ta.1	10%	4,995	0,500	4,995	0,500	18,352	0,000	1,655
comb.tc.2	10%	0,666	0,067	0,793	0,079	16,011	0,000	0,777
comb.tc.3.er	10%	0,653	0,065	0,778	0,078	12,934	0,073	0,648
comb.tc.4.er	10%	0,509	0,051	0,606	0,061	10,092	0,074	0,513
agua dulce ta.5.br	10%	2,302	0,230	2,302	0,230	6,632	-0,099	0,516
agua dulce ta.5.er	10%	2,302	0,230	2,302	0,230	6,632	0,099	0,516
comb.tc.6.br	10%	4,985	0,498	5,934	0,593	1,399	-0,536	2,428
comb.tc.6.er	10%	5,253	0,525	6,253	0,625	1,373	0,551	2,448
aceite tac.7	10%	0,934	0,093	1,015	0,101	2,704	-0,688	2,102
aceite tac.8	10%	1,562	0,156	1,697	0,170	2,545	0,000	1,563
comb.tsd.1	10%	0,730	0,073	0,869	0,087	2,654	-1,529	2,387
comb.tsd.2	10%	0,900	0,090	1,071	0,107	2,700	0,699	2,110
Caso de carga total			153,243	29,999	2,861	8,624	-0,001	2,490
Corrección FS								0,06
Fluido VCG								2,55

- Salida de puerto 100% combustible, provisiones, tripulantes y pasajeros con su equipaje y peso elevado por la grúa en posición horizontal. (tabla 47).

Tabla 47. Salida de puerto 100% combustible, provisiones, tripulantes y pasajeros con su equipaje y peso elevado por la grúa en posición horizontal

Elemento	Cantidad	Unidad de masa (t)	Masa total (t)	Unidad de volumen (m ³)	Volumen total (m ³)	Brazo longitudinal (m)	Brazo transversal (m)	Brazo vertical (m)
Buque en rosca	1	147,209	147,209			8,712	0,000	2,381
pasajeros con su equipaje	1	1,040	1,040			7,790	0,000	6,000
tripulación con su equipaje	1	0,400	0,400			13,080	0,000	6,000
Provisiones	1	0,050	0,050			13,000	0,000	4,000
peso que eleva la grúa	1	0,990	0,990			7,542	-11,170	14,900
agua dulce ta.1	100%	4,995	4,995	4,995	4,995	18,484	0,000	3,102
comb.tc.2	100%	0,666	0,666	0,793	0,793	16,185	0,000	1,106
comb.tc.3.er	100%	0,653	0,653	0,778	0,778	12,884	0,361	0,981
comb.tc.4.er	100%	0,509	0,509	0,606	0,606	10,125	0,395	0,844
agua dulce ta.5.br	100%	2,302	2,302	2,302	2,302	6,903	-0,535	0,986
agua dulce ta.5.er	100%	2,302	2,302	2,302	2,302	6,903	0,535	0,986
comb.tc.6.br	100%	4,985	4,985	5,934	5,934	0,302	-0,780	3,060
comb.tc.6.er	100%	5,253	5,253	6,253	6,253	0,286	0,783	3,088
aceite tac.7	100%	0,934	0,934	1,015	1,015	2,523	-0,832	2,756
aceite tac.8	100%	1,562	1,562	1,697	1,697	2,510	0,000	2,450
comb.tsd.1	100%	0,730	0,730	0,869	0,869	2,518	-1,658	2,884
comb.tsd.2	100%	0,900	0,900	1,071	1,071	2,523	0,855	2,760
Caso de carga total			175,478	29,999	28,615	8,354	-0,066	2,498
Corrección FS								0,000
Fluido VCG								2,498

- Llegada a puerto 10% combustible, mitad de provisiones, tripulantes y pasajeros con su equipaje, basura recogida por Seabin y peso elevado por la grúa en posición horizontal. (tabla 48).

Tabla 48. Llegada a puerto 10% combustible, mitad de las provisiones, tripulantes y pasajeros con su equipaje y peso elevado por la grúa en posición horizontal

Elemento	Cantidad	Unidad de masa (t)	Masa total (t)	Unidad de volumen (m ³)	Volumen total (m ³)	Brazo longitudinal (m)	Brazo transversal (m)	Brazo vertical (m)
Buque en rosca	1	147,209	147,209			8,712	0,000	2,381
pasajeros con su equipaje	1	1,040	1,040			7,790	0,000	6,000
tripulación con su equipaje	1	0,400	0,400			13,080	0,000	6,000
Mitad de las provisiones	1	0,025	0,025			13,000	0,000	4,000
peso de basura de plástico recogida	1	1,000	1,000			1,004	0,000	3,153
peso que eleva la grúa	1	0,990	0,990			7,542	-11,170	14,900
agua dulce ta.1	10%	4,995	0,500	4,995	0,500	18,329	0,000	1,625
comb.tc.2	10%	0,666	0,067	0,793	0,079	15,774	0,000	0,787
comb.tc.3.er	10%	0,653	0,065	0,778	0,078	12,617	0,073	0,657
comb.tc.4.er	10%	0,509	0,051	0,606	0,061	9,940	0,074	0,517
agua dulce ta.5.br	10%	2,302	0,230	2,302	0,230	6,428	-0,106	0,520
agua dulce ta.5.er	10%	2,302	0,230	2,302	0,230	6,428	0,106	0,520
comb.tc.6.br	10%	4,985	0,498	5,934	0,593	1,290	-0,512	2,432
comb.tc.6.er	10%	5,253	0,525	6,253	0,625	1,259	0,528	2,452
aceite tac.7	10%	0,934	0,093	1,015	0,101	2,682	-0,683	2,103
aceite tac.8	10%	1,562	0,156	1,697	0,170	2,527	0,000	1,564
comb.tsd.1	10%	0,730	0,073	0,869	0,087	2,623	-1,523	2,388
comb.tsd.2	10%	0,900	0,090	1,071	0,107	2,678	0,694	2,111
Caso de carga total			153,243	29,999	2,861	8,624	-0,073	2,449
Corrección FS								0,06
Fluido VCG								2,55

En la siguiente *tabla 49* se puede ver el resultado del análisis, donde se observa que se cumplen los criterios de estabilidad.

Tabla 49. Comprobación de la estabilidad con la grúa en funcionamiento

Condiciones de carga	Criterios					
	bd (0°-30°) (mrad)	bd (0°-40°) (mrad)	bd (30°-40°) (mrad)	GZmáx para 30° (m)	Ángulo de GZmáx (deg)	GMt inicial (m)
Salida de puerto 100% combustible, provisiones, tripulantes y pasajeros con su equipaje y peso elevado por la grúa en posición vertical	0,446	0,785	0,339	1,704	79,1	1,618
Llegada a puerto 10% combustible, mitad de provisiones, tripulantes y pasajeros con su equipaje, basura recogida por Seabin y peso elevado por la grúa en posición vertical	0,429	0,748	0,319	1,689	78,2	1,588
Salida de puerto 100% combustible, provisiones, tripulantes y pasajeros con su equipaje y peso elevado por la grúa en posición horizontal	0,5	0,865	0,355	1,716	79,1	1,618
Llegada a puerto 10% combustible, mitad de provisiones, tripulantes y pasajeros con su equipaje, basura recogida por Seabin y peso elevado por la grúa en posición horizontal	0,5	0,84	0,339	1,704	77,3	1,588



CONCLUSIONES

Este proyecto ha servido para poder aplicar todos los conocimientos aprendidos durante el grado de arquitectura naval e ingeniería de sistemas marinos, trabajando sobre un buque pesquero al que se le ha cambiado sus funciones, transformándolo en un buque escuela que puede ser utilizado por la universidad.

Como se ha podido comprobar a lo largo del trabajo, todos los objetivos iniciales se han podido llevar a cabo:

- Creación de un aula en la cubierta principal, cambiando la disposición de esta cubierta quitando e integrando pesos a bordo; y a continuación instalando una nueva iluminación y un sistema de ventilación y climatización.
- Creación de un laboratorio en la bodega, aprovechando este espacio que quedaba en desuso sin las funciones iniciales de pesca, e instalando un nuevo sistema ventilación y climatización y una mejor iluminación.
- Creación de un compartimento para el generador, dándole su propio espacio distribuyendo de manera correcta la disposición de la cubierta principal para no entorpecer con los demás elementos del buque y con sus nuevas funciones; e instalando una nueva iluminación y un sistema de ventilación.
- Instalación de una grúa en la cubierta superior, comprobando la resistencia de la estructura.
- Instalación de un sistema de recogida de basura de la superficie del mar, gracias a las Seabin, un sistema novedoso que se ha podido integrar perfectamente a bordo.
- Comprobación de la estabilidad final con los criterios de estabilidad de un buque de pasaje.

El punto que más complejidad ha presentado ha sido la estabilidad, debido al problema de la escora producida con la nueva disposición, como se ha descrito en el trabajo. La eliminación, integración y movimiento de los elementos a bordo condiciona mucho la estabilidad y eso ha sido lo más difícil de resolver. La solución que se ha propuesto ha sido usar tanques de lastre líquido para poder adrizar el buque y cumplir con los requisitos de estabilidad.

Por tanto, de este proyecto se puede extraer que el buque tiene sus limitaciones y no se puede hacer todo lo que se diseña en un principio, ya que el barco no está concebido para la misión que se ha planteado y presenta una serie de dificultades muy complicadas de resolver.

BIBLIOGRAFÍA

- Baquerizo, M. (F.E.I.N., 1968). Electricidad aplicada al buque.
- Boletín oficial del Estado (Boletín Oficial del Estado, 1997). Anexo I: Condiciones de seguridad en los lugares de trabajo, del Real Decreto 486/1997.
- Campuzano de Paco, J V. Elaboración de recursos didácticos a bordo de un buque Ciudad de Cartagena. Cuaderno de estabilidad Ciudad de Cartagena.
- Daitsu. Catálogo de electrodomésticos.
- DNVGL. Normativa DNVGL-ST-0378
- Epson. Catálogo proyectores.
- García López, D. Apuntes de la asignatura de hidrostática y estabilidad.
- ISO. Normativa UNE-EN-ISO 8861 0199 E 001 019 T
- Martínez Lorente, J. Apuntes de la asignatura de electricidad naval
- Martínez García. J.A. Apuntes de la asignatura de diseño y cálculo de estructuras navales".
- OMI. Circulares núms.12/90 y 17/90 sobre estabilidad de buques de carga y pasaje menores de 100m de eslora.", Administración Española en la OM.
- Otón Tortosa, J.E. Apuntes de la asignatura de sistemas auxiliares.
- Palfinger .Catálogo de grúas Palfinger.
- PRONAUTIC. Catálogo Technics 2019
- Programa de modelado Rhinoceros
- Programa Maxsurf Modeler
- Programa Maxsurf Stability
- Programa Microsoft Office Excel
- Ruiz Peñalver, L. Apuntes de la asignatura de dibujo naval.
- Ruiz Peñalver, L. Apuntes de la asignatura de proyectos.
- SEABIN. Recuperado de [http:// www.seabinproject.com](http://www.seabinproject.com).
- Singlatura. Catálogo mobiliario escuela.
- Sodeca. Catálogo ventiladores.
- SOLAS, (IMO, 1974).Capítulo de dispositivos y medios de salvamento.
- Solé-diesel. Catálogo de generadores Solé-diesel 2021

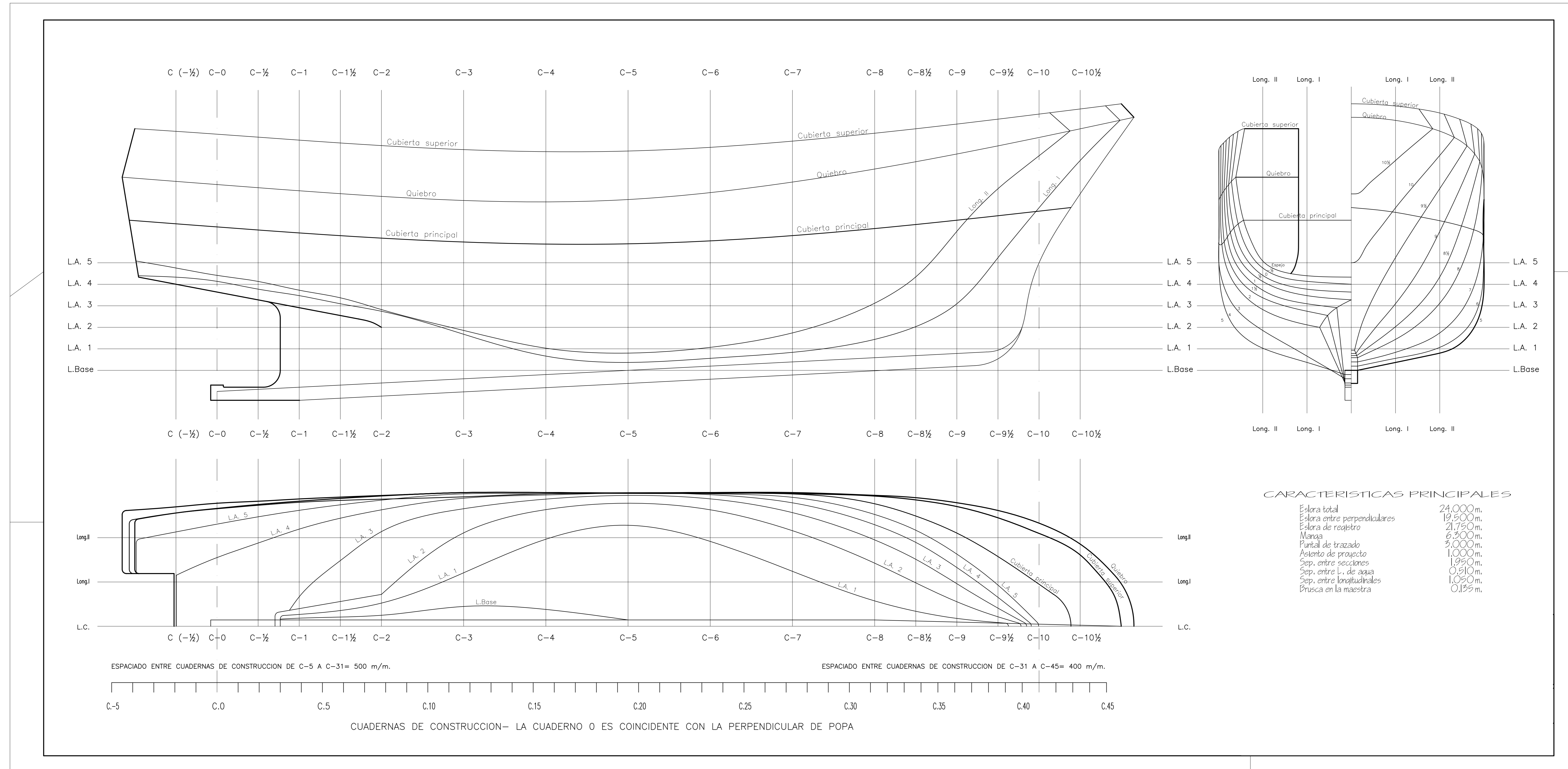


ANEXOS

Plano de formas antes de las transformaciones

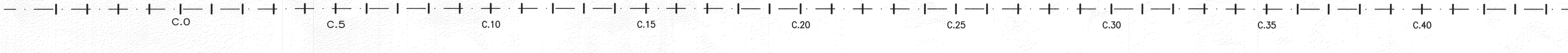
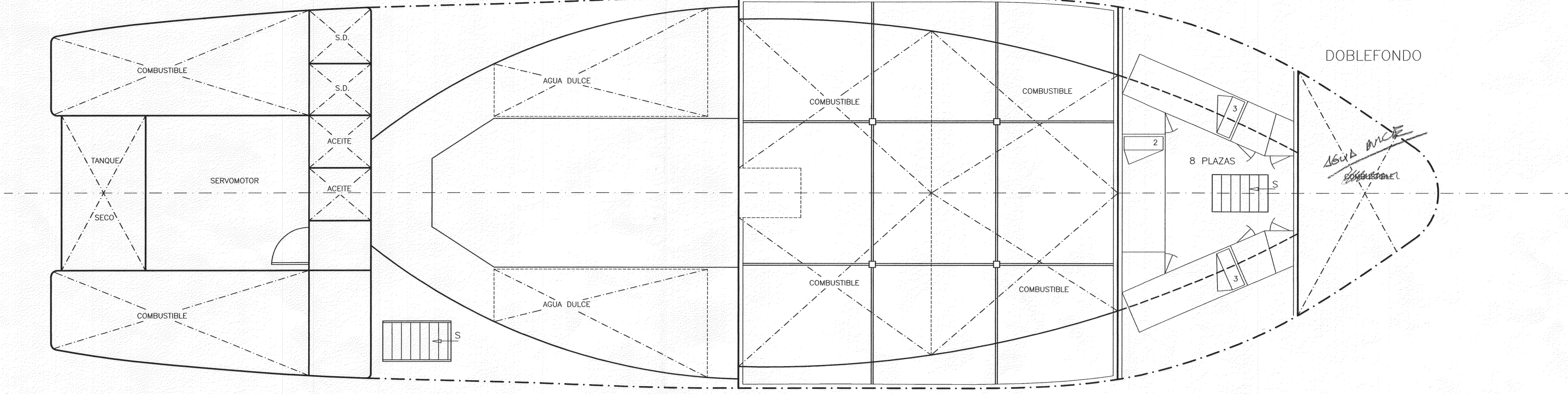
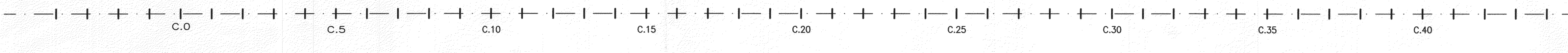
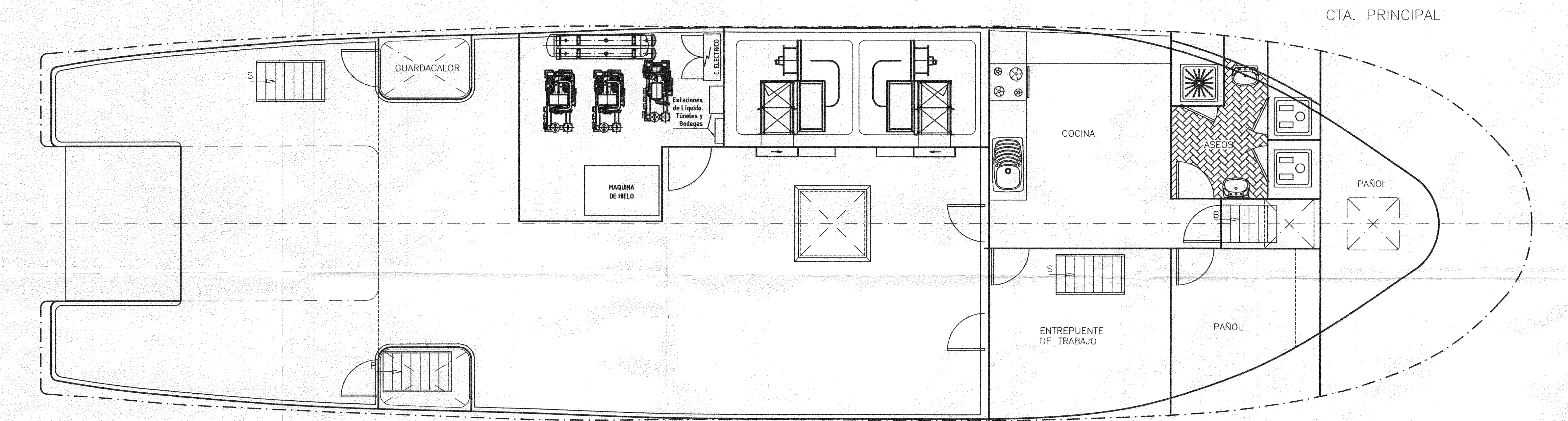
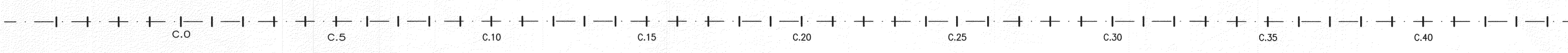
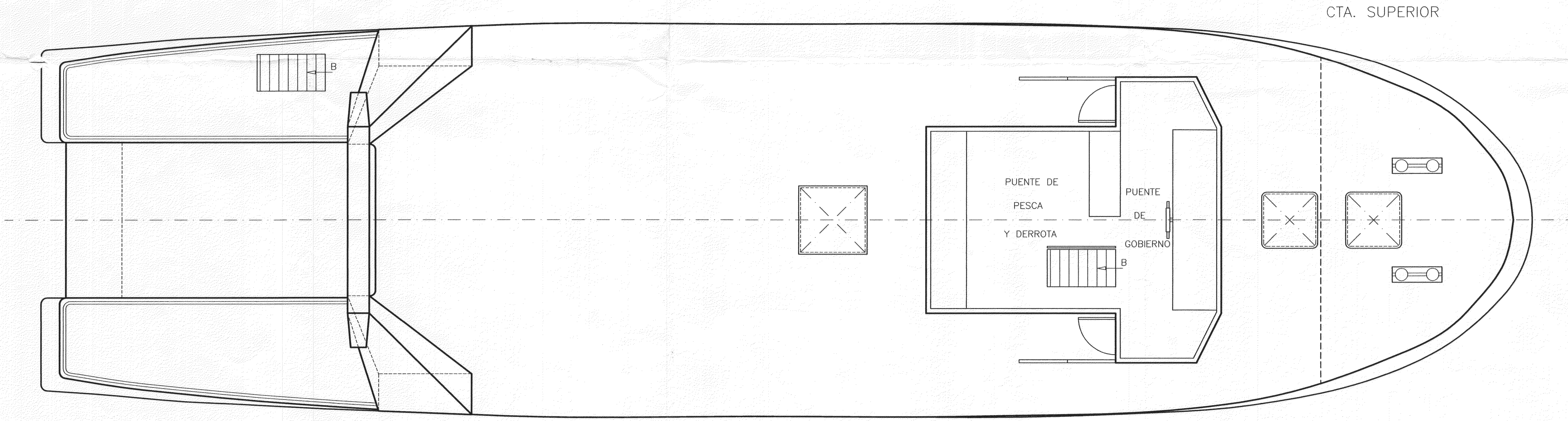
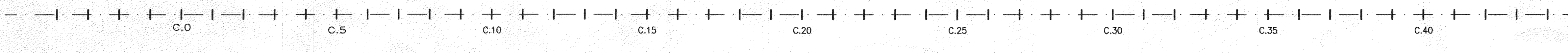
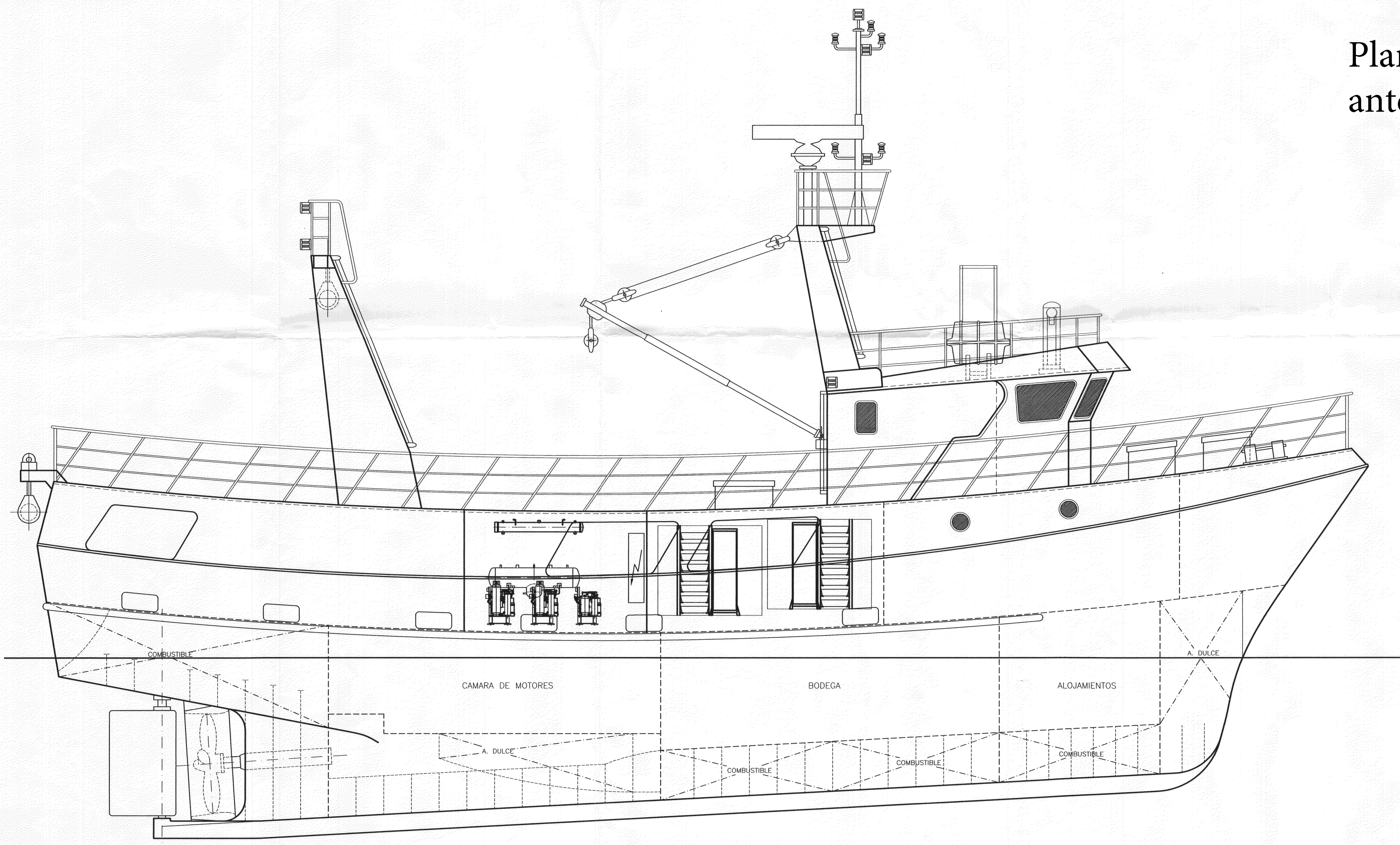
Plano de formas del buque antes de las transformaciones

Escala 1:50



Plano de disposición general antes de las transformaciones

Plano de disposición general
antes de las transformaciones
Escala 1:50



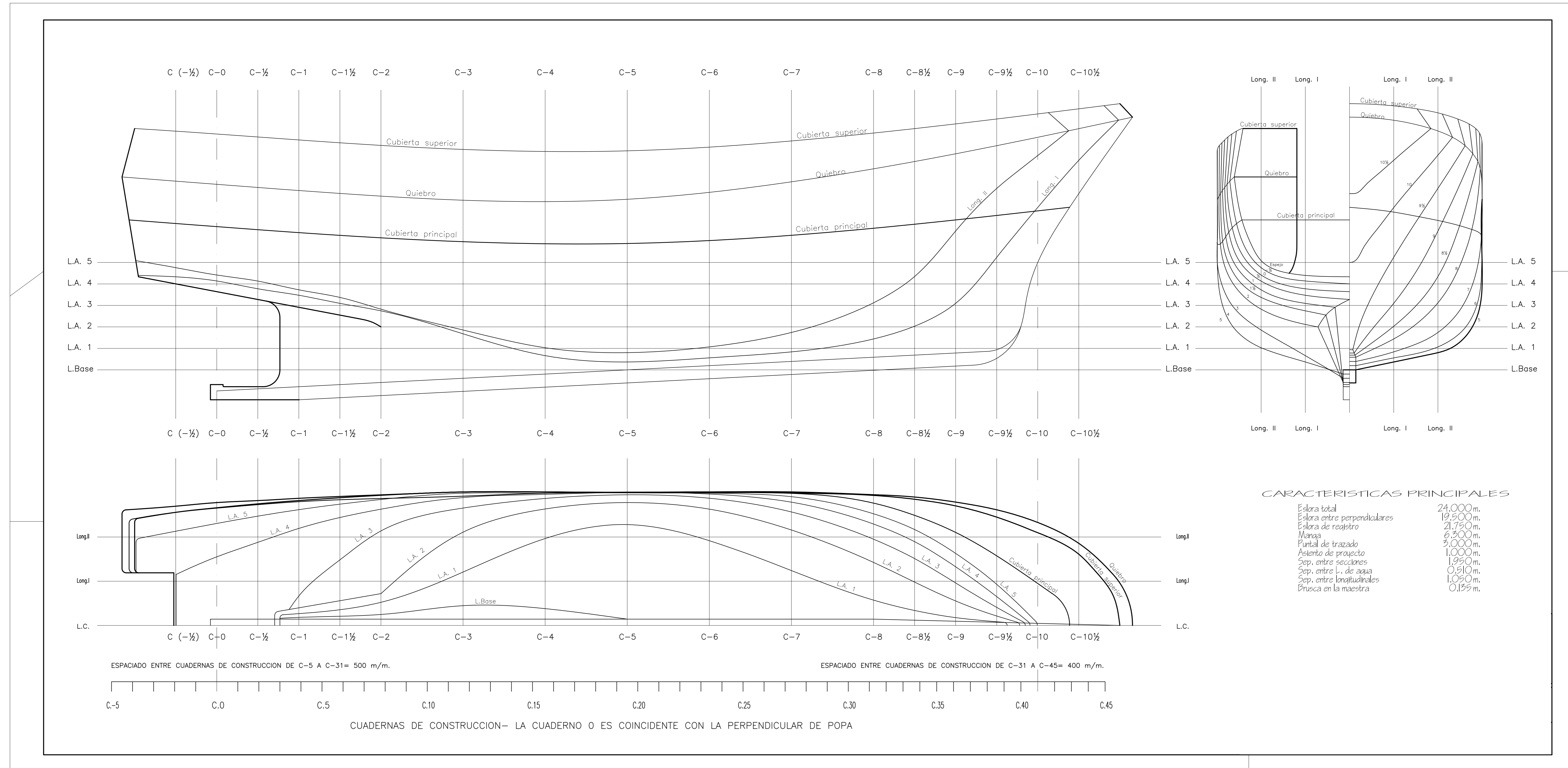
CARACTERISTICAS PRINCIPALES

Eslera total	24.000m.
Eslera entre perpendiculares	19.500m.
Eslera de registro	21.750m.
Manga de trazado	6.500m.
Puntal de trazado	3.000m.
Sep. entre cuadernas	0.500m.

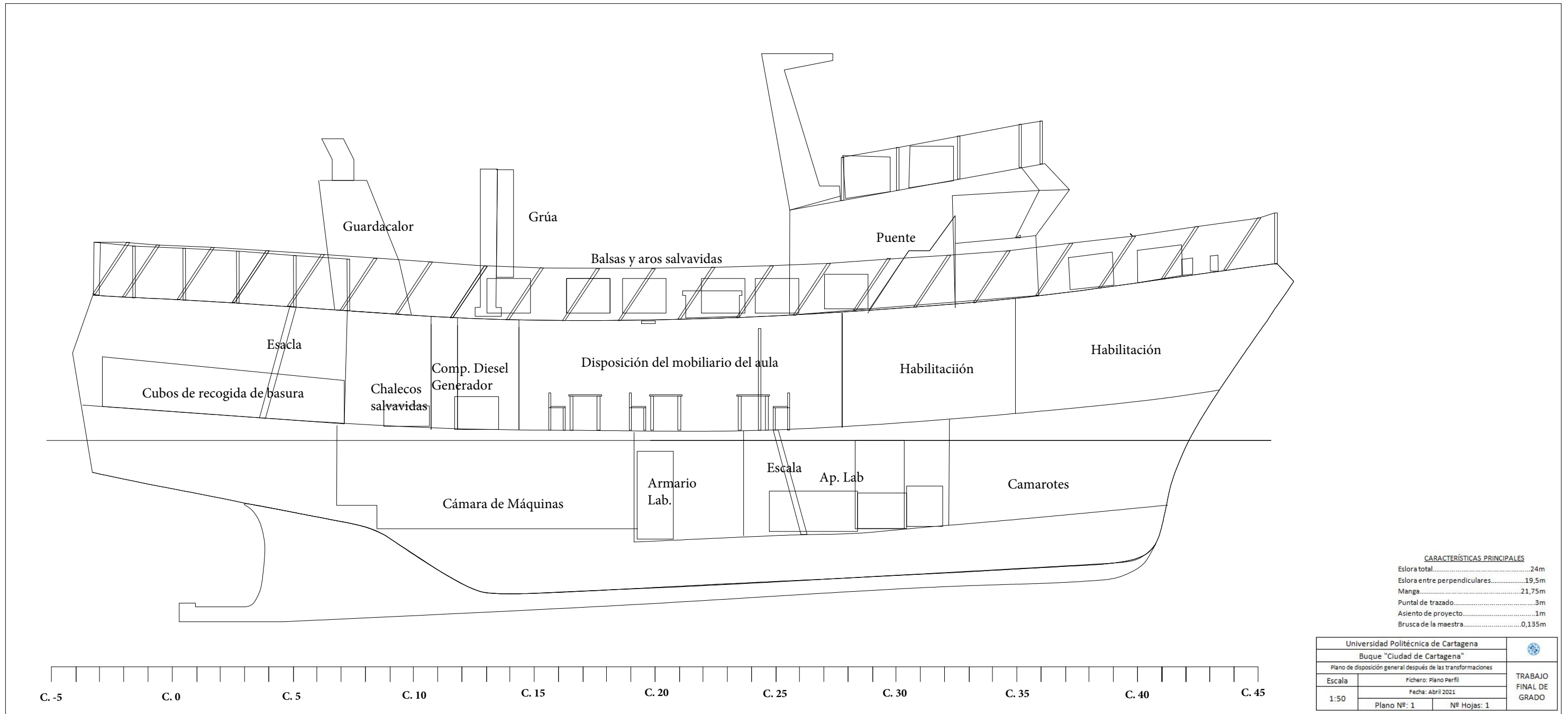
8 PLAZAS
AQUÍ ANTES
SISTEMA

Plano de formas después de las transformaciones

Plano de formas del buque después de las transformaciones
Escala 1:50




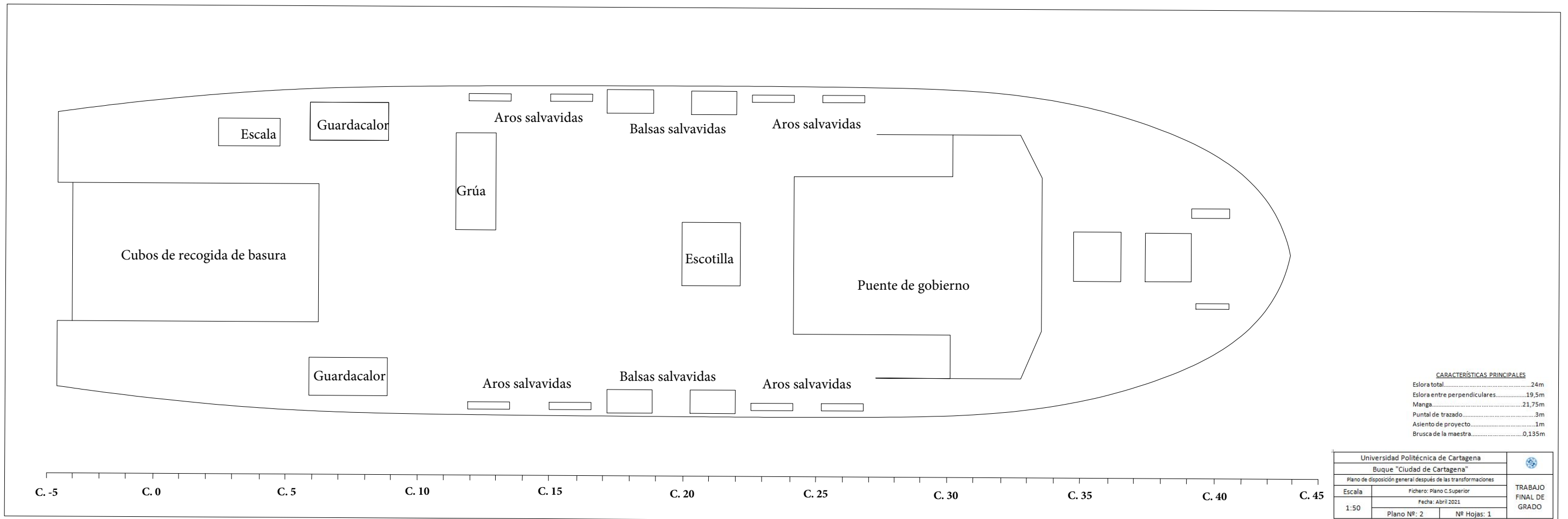
Plano de disposición general después de las transformaciones



CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES


Eslera total.....	24m
Eslera entre perpendiculares.....	19,5m
Manga.....	21,75m
Puntal de trazado.....	3m
Asiento de proyecto.....	1m
Brusca de la maestra.....	0,135m

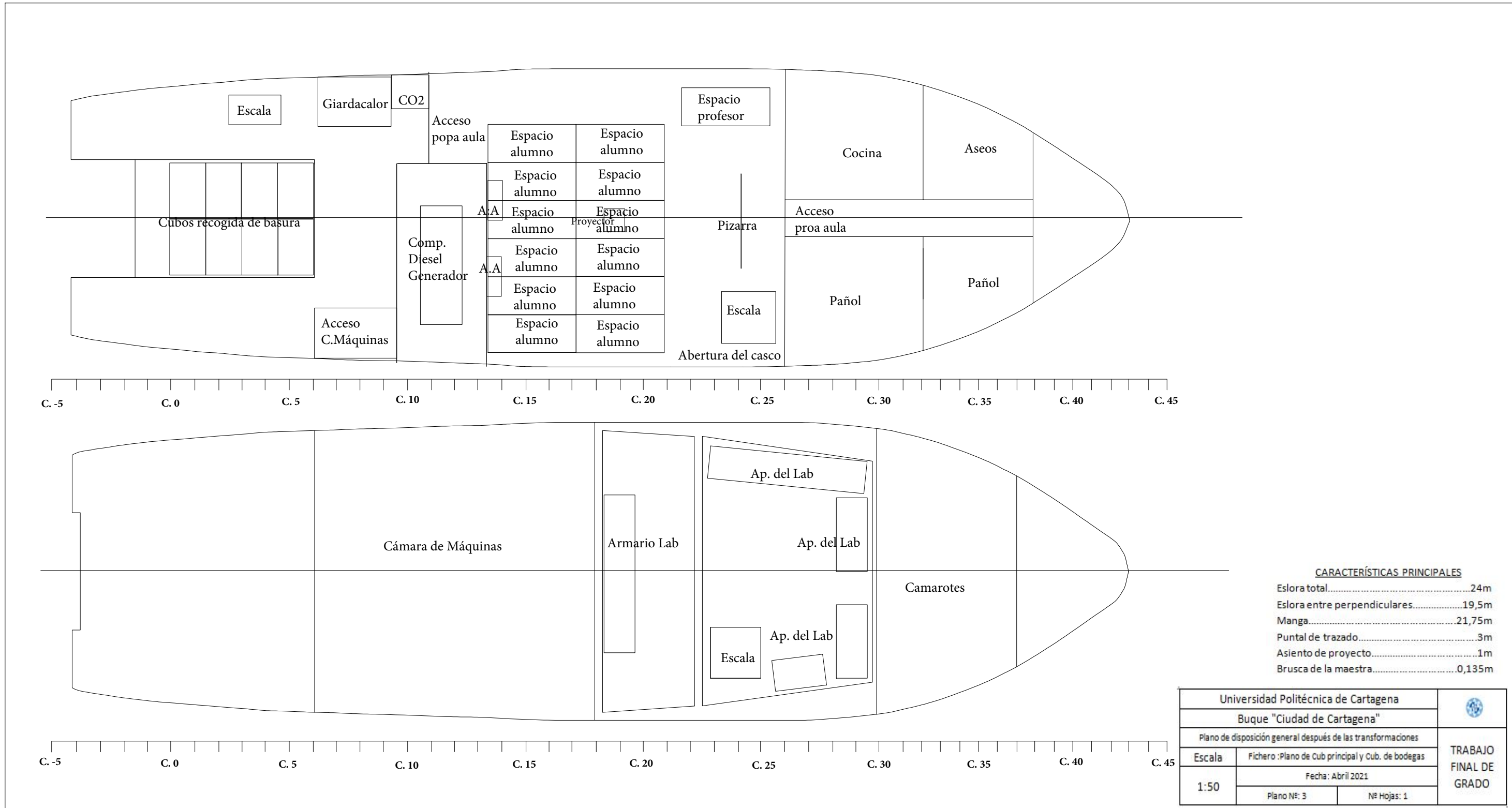
Universidad Politécnica de Cartagena		
Buque "Ciudad de Cartagena"		
Plano de disposición general después de las transformaciones		
Escala	Fichero: Plano Perfil	TRABAJO FINAL DE GRADO
1:50	Fecha: Abril 2021	
Plano Nº: 1	Nº Hojas: 1	



CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES

Eslora total	24m
Eslora entre perpendiculares	19,5m
Manga	21,75m
Puntal de trazado	3m
Asiento de proyecto	1m
Brusca de la maestra	0,135m

Universidad Politécnica de Cartagena		
Buque "Ciudad de Cartagena"		
Plano de disposición general después de las transformaciones		
Escala	Fichero: Plano C.Superior	TRABAJO FINAL DE GRADO
1:50	Fecha: Abril 2021	
	Plano Nº: 2	Nº Hojas: 1



CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES

- Eslora total.....24m
- Eslora entre perpendiculares.....19,5m
- Manga.....21,75m
- Puntal de trazado.....3m
- Asiento de proyecto.....1m
- Brusca de la maestra.....0,135m

Universidad Politécnica de Cartagena		
Buque "Ciudad de Cartagena"		
Plano de disposición general después de las transformaciones		
Escala	Fichero :Plano de Cub principal y Cub. de bodegas	TRABAJO FINAL DE GRADO
1:50	Fecha: Abril 2021	
	Plano Nº: 3 Nº Hojas: 1	