



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



Escola Politécnica Superior

Trabajo Fin de Grado

CURSO 2021/2022

ANCHOR HANDLING TUG SUPPLY VESSEL. 200 TPF.

*CUADERNO 6: PREDICCIÓN DE POTENCIA Y SELECCIÓN
DE LA PLANTA PROPULSORA.*

Grado en Ingeniería Naval y Oceánica

ALUMNA/O

Raúl Fernández Garda

TUTORAS/ES

Marcos Míguez González

FECHA

Septiembre 2022

RESUMEN TFG. BUQUE DE APOYO A INSTALACIONES OFFSHORE.

RESUMEN

Este proyecto tiene como objetivo principal la realización de un anteproyecto de un buque AHTS. Estos buques se construyen principalmente para servir de apoyo a las plataformas petrolíferas, asegurándolas en su ubicación mediante anclas. También pueden desarrollar otras funciones como proporcionar suministros, prestar servicio de remolque, transportar personas y realizar operaciones de inspección subacuática mediante un ROV.

Además, nuestro buque cuenta con sistemas FIFI I para la lucha contra incendios, un sistema de posicionamiento dinámico DP2 para poder llevar a cabo sus operaciones de anclaje en unas condiciones meteorológicas adversas. Para poder conseguir este nivel de posicionamiento contamos con dos propulsores pods de transmisión eléctrica y tres thrusters de túnel.

Podemos considerar este tipo de buques como una de esas creaciones que no solo ayudan al crecimiento de la industria offshore, sino que a su vez ayudan a prevenir situaciones peligrosas en el mar.

RESUMO

O principal obxectivo deste proxecto é levar a cabo un anteproxeito dun buque AHTS. Estes buques están construídos principalmente para servir de apoio ás plataformas petrolíferas, fixándoas no seu lugar con áncoras. Tamén poden realizar outras funcións como proporcionar suministros, servizo de remolque, transporte de persoas e realizar operacións de inspección subacuática mediante un ROV.

Ademais, o noso buque conta con sistemas FIFI I para a loita contra incendios, un sistema de posicionamento dinámico DP2 para poder realizar as súas operacións de ancoraxe en condicións meteorolóxicas adversas. Para acadar este nivel de posicionamento, temos dous propulsores pods accionados eléctricamente e tres propulsores de túnel.

Podemos considerar este tipo de buques como unha desas creacións que non só axudan a crecer á industria offshore, senón que tamén axudan a previr situacións perigosas no mar.

SUMMARY

The main objective of this project is to carry out a preliminary project for an AHTS vessel. These vessels are built primarily to support oil rigs, securing them in place with anchors. They can also perform other functions such as providing supplies, providing towing service, transporting people and perform underwater inspection operations using a ROV.

In addition, our ship has FIFI I system for fire fighting, a DP2 dynamic positioning system to be able to carry out its anchoring operations in adverse weather conditions. In order to achieve this level of positioning we have two electrically driven pods and three tunnel thrusters.

We can consider this type of vessels as one of those developments that not only helps the offshore industry grow, but also prevents dangerous situations at sea.

REQUISITOS RPA. BUQUE DE APOYO A INSTALACIONES OFFSHORE.



GRADO EN INGENIERÍA NAVAL Y OCEÁNICA TRABAJO FIN DE GRADO

CURSO 2.021 - 2.022

PROYECTO NÚMERO: 2022-GENO-3.

TIPO DE BUQUE: Anchor handling tug supply vessel (AHTS).

CLASIFICACIÓN, COTA Y REGLAMENTOS DE APLICACIÓN:

DNV GL, SOLAS y MARPOL. AHTS, DK, E0, DPS 2, F(M), FIFI I.

CARACTERÍSTICAS DE LA CARGA: Material de fondeo, abastecimiento a plataformas petrolíferas y capacidad de remolque. 200 TPF.

VELOCIDAD Y AUTONOMÍA: velocidad de servicio de 15 kn y una autonomía de 4000 mn a la velocidad de servicio.

SISTEMAS Y EQUIPOS DE CARGA / DESCARGA: Los habituales en este tipo de buques.

PROPULSIÓN: Diésel-eléctrica. Propulsión de tipo pod.

TRIPULACIÓN Y PASAJE: 20 tripulantes.

OTROS EQUIPOS E INSTALACIONES:

- Sistema de recuperación y lanzamiento de un ROV.

Ferrol, septiembre 2022

ALUMNO/A: **D. Raúl Fernández Garda**



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



Escola Politécnica Superior

TRABAJO FIN DE GRADO

CURSO 2021/2022

ANCHOR HANDLING TUG SUPPLY VESSEL. 200 TPF.

Grado en Ingeniería Naval y Oceánica

CUADERNO VI

Predicción de potencia y selección de la planta propulsora

Raúl Fernández Garda

Índice

Resumen TFG. Buque de apoyo a instalaciones offshore.....	2
Requisitos RPA. Buque de apoyo a instalaciones offshore.	3
Introducción	6
Resumen de las características principales del buque	7
1 Cálculo de resistencia	7
1.1 Resistencia de formas	8
1.2 Resistencia de apéndices	9
1.3 Resistencia aerodinámica	10
2 Estimación de potencia propulsiva.	12
3 Elección de motor propulsor.....	14
4 Diseño de propulsor. Análisis de remolque.	16
5 Diseño del timón.	20
5.1 Cálculo de fuerzas y par del timón	21
5.2 Cálculo de la potencia del servomotor.	24
Anexo	25
I. Informes de los cálculos de resistencia al avance y de la potencia propulsora. ..	25
II. Plano justificación de los apéndices del buque.	25
III. Plano justificación de la superficie frontal y lateral del casco expuesto y de la superestructura.	25

INTRODUCCIÓN

A lo largo de este cuaderno vamos a realizar una predicción de la potencia que necesitará nuestro buque, pero de una forma más detallada que la realizada en el primer cuaderno de este TFG. Tendremos en cuenta la situación de navegación libre, así como la situación cuando el buque se encuentre realizando la operación de remolque.

También deberemos decidir cuáles serán los propulsores de popa que instalaremos y su capacidad de tiro además de los motores eléctricos que los moverán. Para esto utilizaremos el software de NavCad. Una vez han sido escogidos los propulsores, estos no necesitarán un timón, pero sí un servomotor que los haga rotar 360°. Normalmente estos son definidos por el fabricante y el accionamiento puede ser eléctrico o hidráulico.



RESUMEN DE LAS CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DEL BUQUE

Las dimensiones principales de nuestro buque son las obtenidas en los Cuaderno I, II y III.

TPF	200
BHP / kW	27.952 CV / 20.844 kW
L	79,00 m
B	21,40 m
T	8,19 m
D	9,10 m
Cb	0,704
CM	0,986
CP	0,714
Fn	0,277
Δ	11.633,80 t

1 CÁLCULO DE RESISTENCIA

A lo largo de esta sección estudiaremos la resistencia total de nuestro buque al avance. Esta resistencia está formada por la suma de la resistencia de las formas del casco de nuestro buque, de los apéndices que pertenecen al mismo y de la resistencia aerodinámica de la superestructura y de la parte del casco que no está sumergido. A la hora de realizar la predicción de potencia de nuestro buque utilizaremos el software de NavCad. De aquí obtendremos la resistencia al avance y la potencia efectiva que necesitaremos para la navegación.

1.1 Resistencia de formas

En este apartado vamos a definir los parámetros principales de nuestro buque. La eslora de nuestro buque y el desplazamiento de este además de describir con que tipo de propulsores cuenta y cual es el rango de velocidades que vamos a estudiar. Como es un buque remolcador deberemos estudiar un rango de trabajo amplio que abarca desde 1 kn que defeníamos como velocidad de remolque hasta un poco más que la velocidad de servicio, siendo esta 15 kn. Más adelante deberemos de jugar con la velocidad del punto de diseño para saber si nuestro buque cumple con el requisito de tiro.

Solo comentaremos de esta parte que tenemos dos propulsores de tipo SPP y que nuestro buque es monocasco y de formas redondeadas. El semiángulo de proa se ha medido en los planos del Cuaderno III, Los factores de forma de proa se estiman con un valor de 1 ya que es el correspondiente a unas formas en “U” similares a las que hacen las líneas de agua de nuestro buque y el factor de forma de popa se define con el valor 0 ya que tiene una salida más parecida al resto de buques.

Continuamos introduciendo datos de las formas de nuestro buque que los obtenemos del modelado del casco en Polycad y de la tabla de hidrostáticas de Maxsurf.

Project		Hull	
Project ID:	AHTS 200 TPF	Configuration:	Monohull
Description:	TFG 2022-GENO-3...	Chine type:	Round/multiple
Summary		General	
Scope:	ITTC-78 (CT)	Length on WL:	84,840 m
Configuration:	Monohull	Max beam on WL:	21,400 m
Chine type:	Round/multiple	Max molded draft:	8,190 m
Length on WL:	84,840 m	Displacement:	10914,00 t
Displacement:	11633,80 t	Wetted surface:	2686,200 m ²
Propulsor type:	SPP	Demi-hull spacing:	m
Count:	2	ITTC-78 (CT)	
Water properties		LCB fwd TR:	38,369 m
Water type:	Salt	LCF fwd TR:	33,428 m
Density:	1,9908 slug/ft ³	Max section area:	175,700 m ²
Viscosity:	1,28000e-5 ft ² /s	Waterplane area:	1657,800 m ²
Speeds		Bulb section area:	0,000 m ²
Speed [01]	0,50 kt	Bulb ctr below WL:	0,000 m
Speed [02]	1,00 kt	Bulb nose fwd TR:	0,000 m
Speed [03]	3,00 kt	Imm transom area:	0,000 m ²
Speed [04]	5,00 kt	Transom beam WL:	0,000 m
Speed [05]	7,00 kt	Transom immersion:	0,000 m
Speed [06]	11,00 kt	Half entrance angle:	56,00 deg
Speed [07]	13,00 kt	Bow shape factor:	1,0 [WL flow]
Speed [08]	15,00 kt	Stern shape factor:	0,0 [AVG flow]
Speed [09]	16,00 kt		
Speed [10]			
Design condition			
Design speed:	15,00 kt		

Una vez introducido la parte correspondiente a las formas vamos a continuar con la resistencia debida a los apéndices.

1.2 Resistencia de apéndices

En esta parte solo contaremos con el quillote central y los túneles de los propulsores transversales. No contamos con estabilizadores, quillas de balance, domos para el sonar o cualquier otro tipo de apéndice como pueden ser los timones, ya que nuestra propulsión es de tipo pod.

Los datos que se muestran en el software se adjuntan en un plano del codaste al final de este cuaderno. Aquí solo indicaremos los cálculos que dependen de las cotas en el plano.

Rudder			Stabilizer		
Count:	0		Count:	0	
Rudder location:			Root chord:		m
Type:			Tip chord:		m
Root chord:		m	Span:		m
Tip chord:		m	T/C ratio:		
Span:		m	LE sweep:		deg
T/C ratio:			Projected area:		m ²
LE sweep:		deg	Wetted surface:		m ²
Projected area:		m ²	Dynamic multiplier:		
Wetted surface:		m ²	Bilge keel		
Skeg/Keel			Count:	0	
Count:	1		Mean length:		m
Type:	Skeg		Mean base width:		m
Mean length:	20,300	m	Mean projection:		m
Mean width:	2,400	m	Wetted surface:		m ²
Height aft:	5,000	m	Tunnel thruster		
Height mid:	2,000	m	Count:	2	
Height fwd:	0,000	m	Diameter:	2,680	m
Root chord:		m	Sonar dome		
Tip chord:		m	Count:	0	
Span:		m	Wetted surface:		m ²
T/C ratio:					
LE sweep:		deg			
Keel bulb length:		m			
Keel bulb diameter:		m			
Skeg projected area:	45,500	m ²			
Skeg wetted surface:	151,000	m ²			

Tenemos un quillote central también conocido como “skeg” para el cual la superficie proyectada se ha contabilizado sin el área correspondiente a los empujadores transversales y para la superficie mojada se ha realizado el siguiente cálculo.

Hemos dividido el skeg en varias superficies donde contaremos las dos superficies laterales, las superficies que forman la parte inferior del quillote y a mayores se le suma la superficie cilíndrica interior de los thrusters.

$$Skeg\ wetted\ surface\ (m^2) = 2 * Alateral + Sup\ inferior\ del\ skeg + Sup\ thrusters$$

$$Skeg\ wetted\ surface\ (m^2) = 2 * 45,50 + 45 + 15 = 151\ m^2$$

También contabilizamos los thrusters de proa, cada uno de ellos con un tamaño de 2680 mm según la guía del fabricante que se ha escogido en el Cuaderno III.

1.3 Resistencia aerodinámica

La siguiente parte por estudiar será la resistencia aerodinámica de nuestro modelo ya que no debemos de tener solo en cuenta la resistencia de la obra viva. Para nuestro estudio no contamos con viento y suponemos que estamos en una condición de aguas tranquilas, es decir, sin olas ni perturbaciones externas. Las áreas transversales y los centros de aplicación de las fuerzas se añaden en el anexo entregado al final de este cuaderno.

Con todos los datos introducidos solo nos faltaría escoger cuál será el método de cálculo que utilizaremos para calcular la resistencia total de nuestro buque. Utilizaremos el método de Holtrop como método de predicción de la resistencia del buque ya que nuestro buque se adecua a los rangos que este método utiliza.

En el buque no tenemos “spray” ya que no es un buque de planeo que genere este efecto en la navegación. Supondremos que el buque es nuevo con una rugosidad de 0,15 mm y para el cálculo de los apéndices, en el cuaderno I teníamos propuesto que fuese un porcentaje, pero como ya hemos introducido todos los datos escogeremos el mismo método de antes que es el de Holtrop ya que es correcto y además no conviene mezclar distintas fórmulas de cálculo. Debemos añadir un margen de mar del 15%.

Method	Speed	Hull	Details	Parameters
Holtrop	OK	OK	OK	FN [design] 0,06-0,36 0,27
Fung (HSTS)	OK	Uncertain	OK	CP 0,55-0,85 0,71
Roach	OK	Uncertain	OK	LWL/BWL 3,90-14,90 3,96
Fung (CRTS)	OK	Uncertain	OK	BWL/T 2,10-4,00 2,61
Series 60	OK	Uncertain	OK	Lambda 0,01-1,01 0,91
SSPA Cargo Series	OK	Uncertain	OK	
Andersen	OK	Uncertain	OK	
Oortmessen	OK	Fail	OK	
Delft Series (1)	OK	Fail	OK	
Delft Series (1/2)	OK	Fail	OK	

Ranking: Best Good Fair Poor

Method	Speed	Hull	Details	Parameters
Holtrop (Component)	OK	OK	OK	FN [design] 0,10-0,80 0,27
Kirkman (Component)	OK	OK	OK	
Hadler (Component)	OK	OK	OK	
Teeters (Sailboat)	OK	OK	OK	
Percentage	OK	Uncertain	OK	
Radojic (Simple Plan)	OK	Uncertain	Fail	
Fung (Simple FPP)	OK	Uncertain	Fail	
Fung (Simple CPP)	OK	Uncertain	Fail	
Blount (Simple Planin)	Fail	Uncertain	Uncertain	

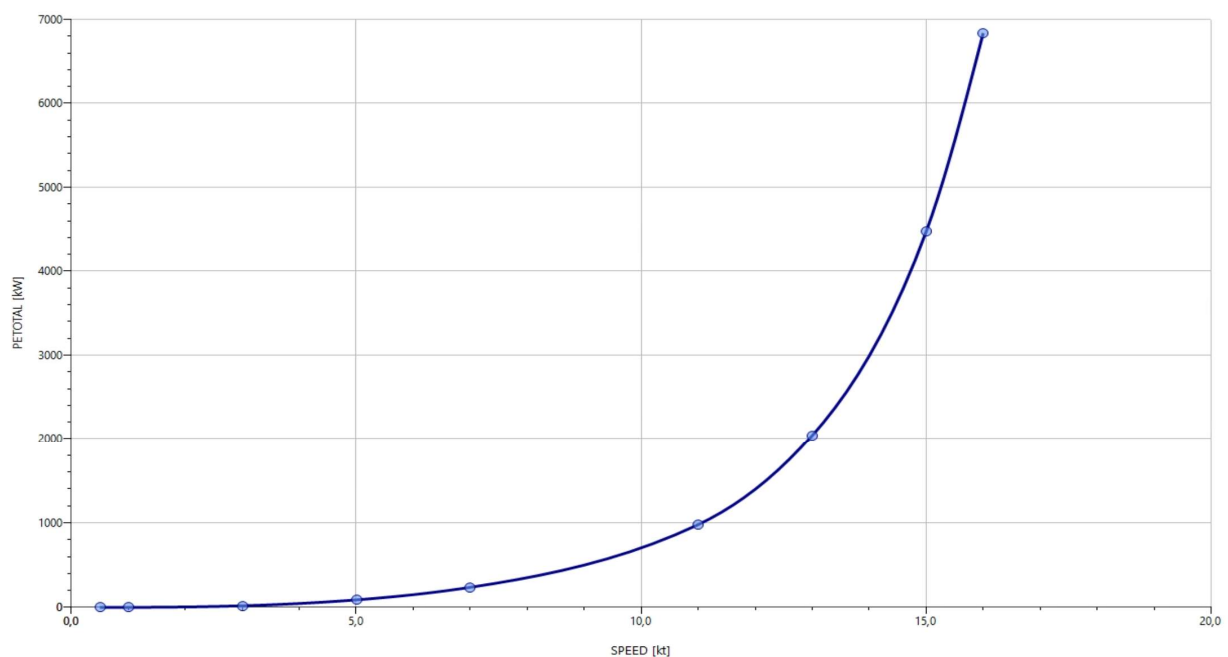
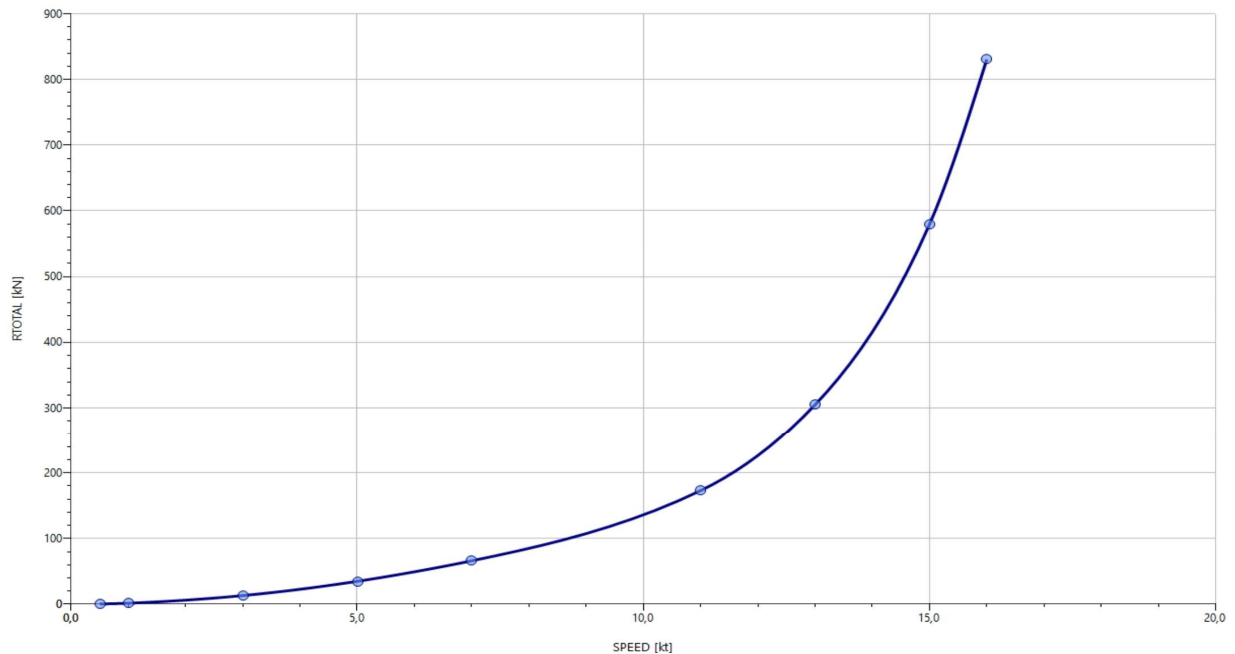
Ranking: Best Good Fair Poor

Method	Speed	Hull	Details	Parameters
Taylor	OK	OK	OK	None given
Hughes	OK	OK	OK	
Iwai	OK	OK	OK	
Blendermann	OK	OK	OK	
Fujiwara	OK	OK	OK	

Ranking: Best Good Fair Poor

Wind	
Wind speed:	0,00 kt
Angle off bow:	0,00 deg
Gradient correction:	Off
Exposed hull	
Transverse area:	338,400 m ²
VCE above WL:	8,200 m
Profile area:	759,000 m ²
Superstructure	
Superstructure shape:	Cargo ship
Transverse area:	91,400 m ²
VCE above WL:	17,800 m
Profile area:	70,000 m ²
Seas	
Significant wave ht:	0,000 m
Modal wave period:	0,0 sec
Shallow/channel	
Water depth:	0,000 m
Type:	Shallow water
Channel width:	m
Channel side slope:	deg
Hull girth:	m
Margin	
Design margin:	15 %
Basis:	Hull + added dr...
Vessel drag	
Calc	ITTC-78 (CT)
Technique:	Prediction
Prediction:	Holtrop
Reference ship:	
Model LWL:	[m]
Viscous	
Expansion:	Standard
Friction line:	ITTC-57
Hull form factor:	On 1,434
Speed corr:	On
Spray drag corr:	Off
Corr allowance:	ITTC-78 (v2008)
Roughness [mm]:	On 0,15
Catamaran	
Interference:	Off
Added drag	
Appendage:	Calc Holtrop (Compone...)
Wind:	Calc Taylor
Seas:	Off
Shallow/channel:	Off
Towed:	Off
Margin:	Calc Hull + added drag [10...

Obtenemos unos resultados de resistencia al avance y potencia efectiva total de nuestro buque. Las gráficas correspondientes se muestran a continuación y los resultados de los ensayos de resistencia se adjuntan en el anexo al final de este cuaderno.



CONDICIÓN	VELOCIDAD (KN)	RESISTENCIA (KN)	POTENCIA EFECTIVA (KW)
REMOLQUE	1	1,62	0,80
SERVICIO	15	579,65	4.473
MÁXIMA	16	830,58	6.836,60

Para las formas que tiene nuestro buque parece que el valor de la resistencia total es bastante aceptable. Sobre la potencia, esta solo es la potencia efectiva total, en la siguiente sección de este cuaderno calcularemos la potencia que deberá tener nuestro buque para poder navegar en aguas libres y remolcar las 200 T de TPF de la RPA.

2 ESTIMACIÓN DE POTENCIA PROPULSIVA.

En este apartado vamos a realizar la primera estimación de la potencia que necesitaremos. Debo recordar que en este primer paso calculamos la potencia del motor que debe mover nuestras hélices.

Hull-propulsor		Calc	Propulsor		Propeller options		
Technique:		Prediction	Count:	2	Oblique angle corr:	Off	
Prediction:		Holtrop	Propulsor type:	Propeller series	Shaft angle to WL:	0,00 deg	
Reference ship:			Propeller type:	FPP	Added rise of run:	0,00 deg	
Max prop diam:	[mm]	4500,0	Propeller series:	Kaplan 19A	Propeller cup:	0,0 mm	
Corrections			Propeller sizing:	By thrust	KTKQ corrections:	Custom	
Viscous scale corr:	Off		Reference prop:		Scale correction:		
Rudder location:			Blade count:	4	KT multiplier:	1,000	
Friction line:			Expanded area ratio:	0,7000	KQ multiplier:	1,000	
Hull form factor:			Propeller diameter:	4500,0 mm	Blade T/C [0.7R]:		
Corr allowance:		ITTC-78 (v2008)	Propeller mean pitch:	5000,0 mm	Roughness:	mm	
Roughness [mm]:	Off		Hub immersion:	6600,0 mm	Cav breakdown:	Off	
Ducted prop corr:	On		Engine/gear			Nozzle L/D:	0,70
Tunnel stern corr:	Off		Drive line:	Direct drive	To size		
Effective diam:	[m]		Gear input:	No gearbox	Shaft RPM:	Size 134,5 RPM	
Recess depth:	[m]		Engine data:	Generic DC mo...	Expanded area ratio:	Size 0,550	
System analysis			Rated RPM:	150 RPM	Propeller diameter:	Keep 4500,0 mm	
Cavitation criteria:		Keller eqn	Rated power:	7500,0 kW	Propeller mean pitch:	Keep 5000,0 mm	
Analysis type:		Free run	Primary fuel:	Defined	Design condition [By thrust]		
CPP method:		Fixed RPM	Secondary fuel:	None	Design speed:	15,00 kt	
Engine RPM:			Gear efficiency:	1,000	Reference thrust:	348,53 kN	
Mass multiplier:			Load correction:	Off	Design point:	1,000	
RPM constraint:			Gear ratio:	1,000	Reference RPM:	150,0	
Limit [RPM/s]:			Shaft efficiency:	0,980	Design point:	1,030	
					Max prop diam:	4500,0 mm	
					Review		
					Tip speed:	31,701 m/s	

Comenzaremos explicando que para este primer análisis trabajaremos en aguas libres por lo que no nos fijaremos en la potencia de tiro que tiene que dar nuestros propulsores. Con la potencia efectiva total que se calculó antes nos podemos ir haciendo una idea de cuál es la potencia que necesitará nuestro buque y de esta manera también podemos ir eligiendo un propulsor en concreto dentro de los que ofrece los fabricantes en su catálogo.

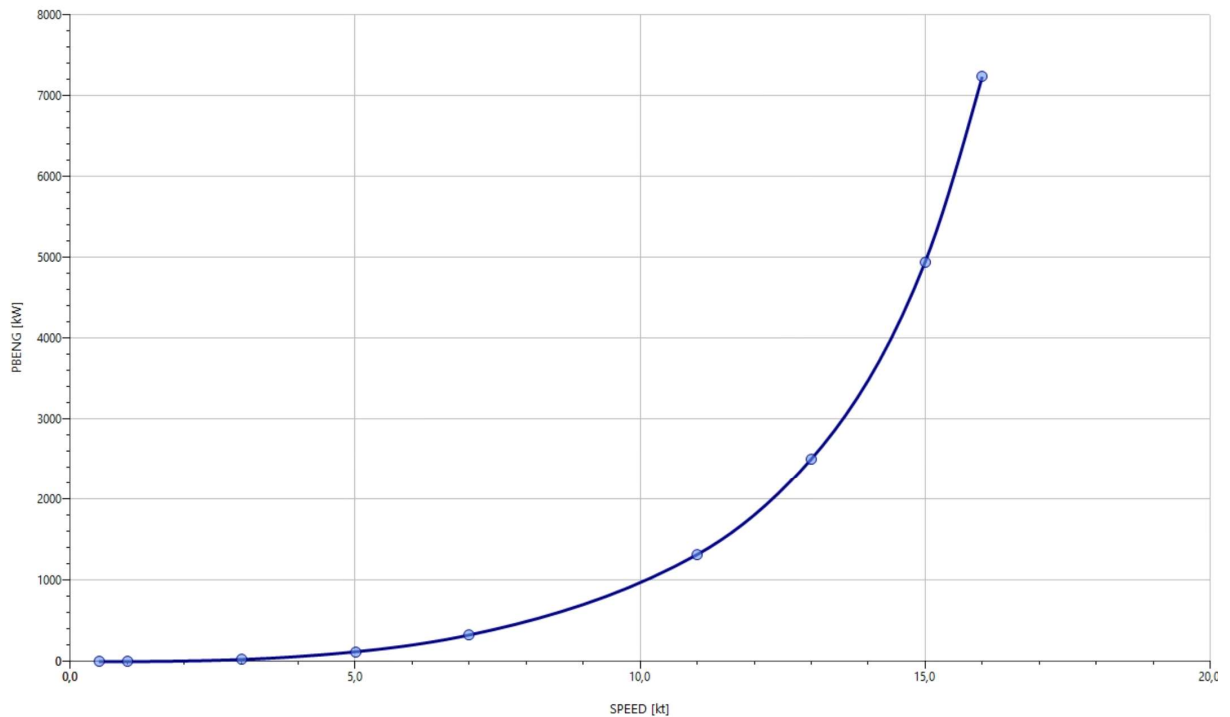
Se ha decidido la gama de propulsores ABB DZ, pero esto ya lo explicaremos más adelante. Como partimos casi desde cero, esto se convierte en un proceso iterativo en el cual deberemos ir ajustando poco a poco hasta que más o menos consigamos un propulsor específico.

Dimensionaremos el propulsor *por empuje*. El diámetro de partida son los 4500mm que posee la gama central de propulsores de ABB. Tendremos dos pods, de paso fijo y de la serie Kaplan 19A, porque nuestro buque es un remolcador y estas se ajustan mejor para este tipo de barco que las Series B ya que estas últimas están diseñadas para otro tipo de buques de carga.

La serie utilizada permite hélices de cuatro palas, el diámetro de esta es conocido y la inmersión del eje también, porque conocemos la distancia desde el núcleo de la hélice hasta la línea de flotación gracias a los planos de diseño del codaste realizados en el cuaderno III. A su vez, para aguas libres diseñamos el motor como si este estuviese engranado directamente con la hélice.

Para el último paso solo debemos de analizar los resultados para una velocidad de servicio de 15 kn, 150 rpm de referencia y con una ligereza en la hélice del 3%. Las revoluciones son estimadas igual que la curva de carga del motor como veremos más adelante ya que no disponemos de estos datos en la project guide del motor.

Los resultados que obtenemos de la PBTOTAL en NavCad se muestran a continuación.



CONDICIÓN	VELOCIDAD (KN)	PETOTAL (KW)	PBTOTAL (KW)
REMOLQUE	1	0,80	2,10
SERVICIO	15	4.473	9.890,90
MÁXIMA	16	6.836,60	14.467,50

Como vamos a analizar en las siguientes secciones de este cuaderno, la potencia que se requiere para dar el tiro va a ser bastante superior, pero como un punto de aproximación inicial está bastante logrado.

3 ELECCIÓN DE MOTOR PROPULSOR

En las secciones anteriores hemos estado dimensionando el motor eléctrico que mueve la hélice de nuestros propulsores. Como es un proceso en el que todo va relacionado deberemos elegir un motor a pesar de que con anterioridad ya se han realizado unas primeras aproximaciones y/o ya conocíamos los resultados de lo que se va a exponer en esta sección.

Para calcular la potencia mínima de los motores definiremos la siguiente expresión.

$$Potencia\ Mínima\ Motor = \frac{PBTOTAL + PTO}{n^{\circ}\ motores * Régimen\ del\ motor}$$

En nuestro buque no contamos con PTOs ya que nuestro buque es diésel eléctrico y la electricidad proviene de los diesel generadores de la cámara de máquinas. Además, los de motores eléctricos no tienen un régimen de funcionamiento, pueden trabajar continuamente desarrollando el 100% de la potencia, quien sí trabajan al 85% son los diésel generadores de la cámara de máquinas, como veremos en el Cuaderno 10 y 11.

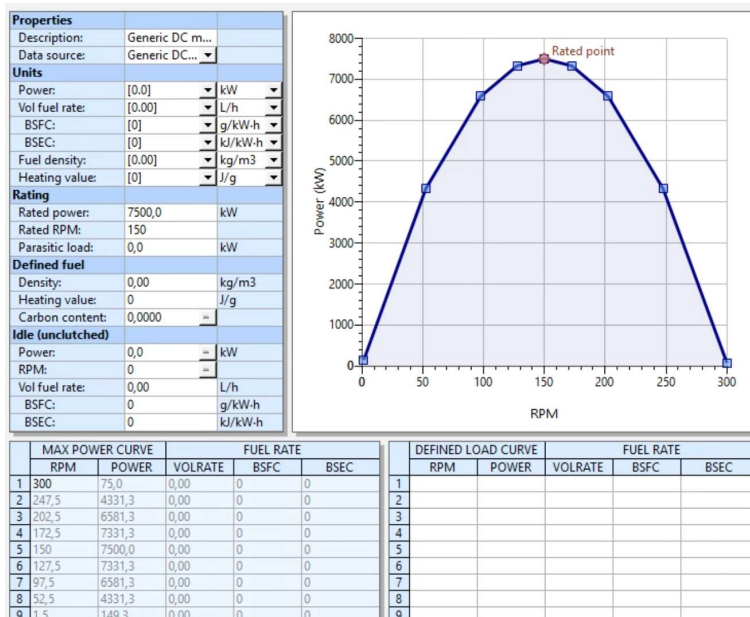
$$Potencia\ Mínima\ Motor = \frac{14.467,50\ kW}{2 * 1} = 7.233,75\ kW$$

Con este valor y el catálogo del fabricante ya podemos escoger el modelo ABB DZ 1600P - R2300 de 7,5 MW que, según el fabricante, este nos ofrece una velocidad de servicio de 16,5 kn que es superior a la velocidad que hemos definido como máxima. Por tanto, tendremos instalada una potencia total para la propulsión de 15.000 kW.

Después de esta segunda aproximación de la potencia necesaria y una vez que tenemos nuestro motor vamos a realizar el análisis por potencia en lugar de por empuje. Para ello deberemos de añadir las características del motor. Si tuviésemos un project guide como los de un motor de combustión tendríamos más facilidad para diseñar la curva de carga y la de máxima potencia del motor.

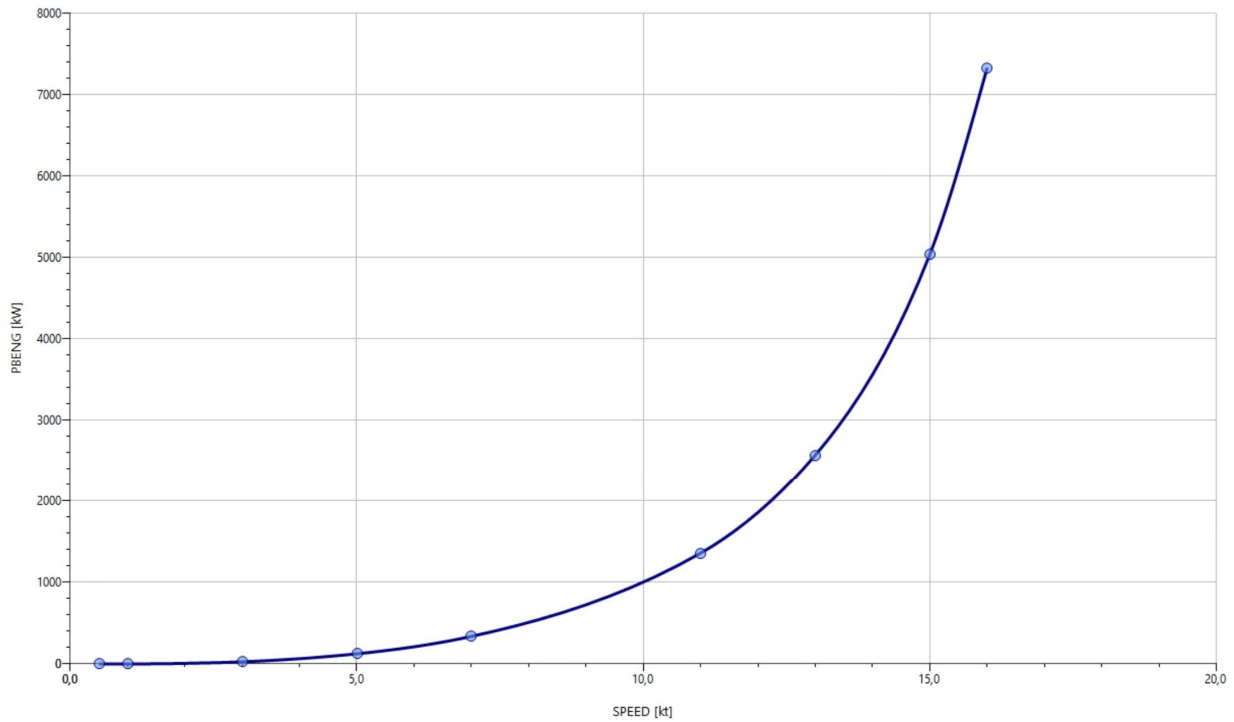
Al elegir el tipo de motor en la pestaña de "Data Source" de NavCad ya se nos genera una curva de máxima potencia automáticamente cuando establecemos la potencia de 15.000 kW y las rpm a las que suponemos que están girando las hélices. No debemos establecer una curva adicional al 85% de carga por lo comentado anteriormente.

Engine data



Antes habíamos trabajado por empuje, pero ahora que sabemos cuál es el propulsor deberemos trabajar por potencia. De momento, seguimos trabajando en aguas libres.

Propulsor	
Count:	2
Propulsor type:	Propeller series
Propeller type:	FPP
Propeller series:	Kaplan 19A
Propeller sizing:	By power



CONDICIÓN	VELOCIDAD (KN)	PBTOTAL (KW)
REMOLQUE	1	2,2
SERVICIO	15	10.078,40
MÁXIMA	16	14.660,5

Como podemos observar los datos de la PBTOTAL calculada por potencia son muy similares a los que habíamos calculado por empuje así que nuestro motor elegido de momento cumple con lo que se le exige.

En la siguiente sección vamos a comprobar si el buque es capaz de ofrecer la capacidad de tiro a punto fijo que se necesita con la potencia que actualmente contamos.

4 DISEÑO DE PROPULSOR. ANÁLISIS DE REMOLQUE.

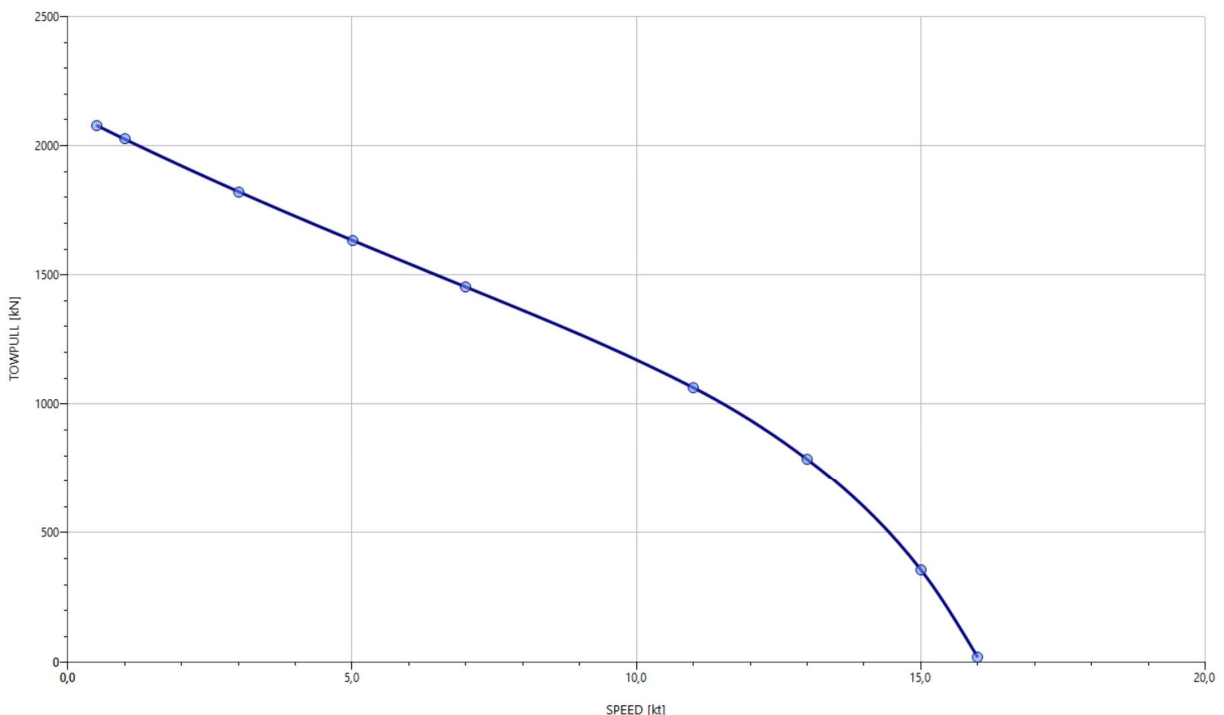
En esta sección llega el momento complicado para los buques que deben ofrecer una capacidad de remolque. Debemos averiguar si con esta configuración de 4 palas y los motores que hemos escogido cumplimos con el tiro que necesitamos. Este es un proceso complicado ya que es difícil conseguir con propulsión de tipo pod los grandes requerimientos que se le exigen a los nuevos AHTS.

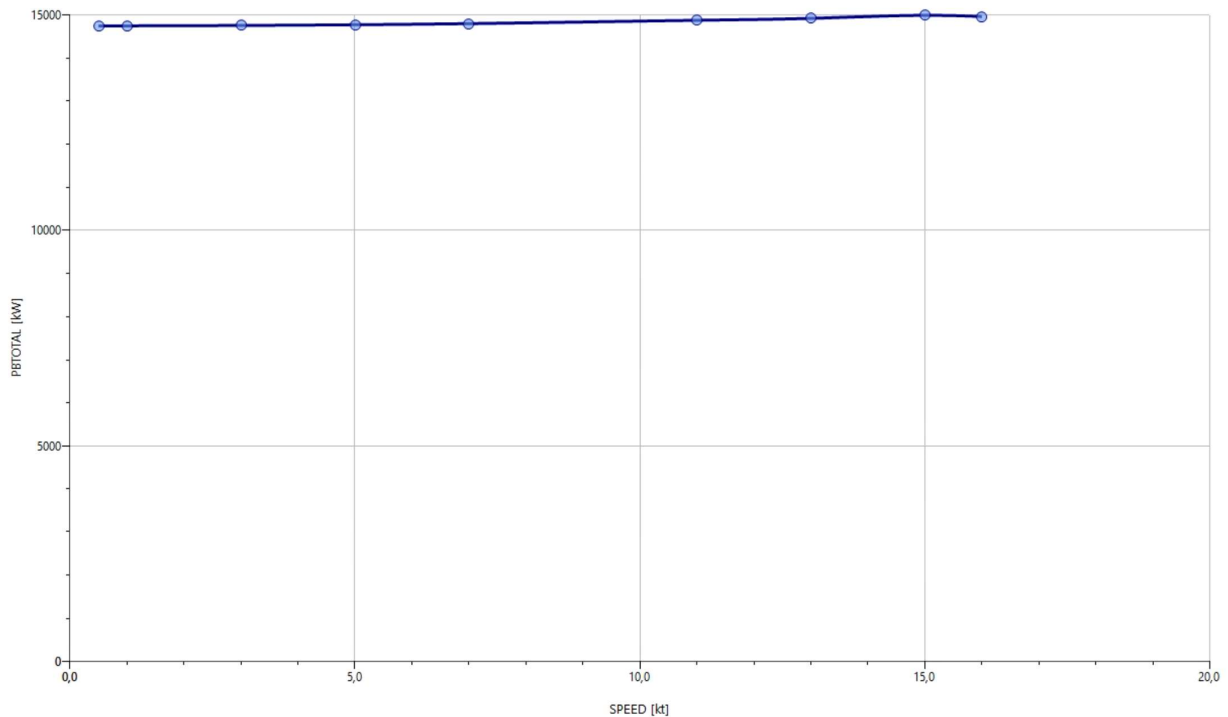
Para poder comenzar con este análisis de tiro es necesario *cambiar el sistema de análisis de aguas libres a tiro*. Uno de los puntos importantes de este proceso es cambiar el punto de diseño a de 15kn a 1kn ya que esta es la velocidad de remolque y queremos averiguar cuál es la cantidad de tiro disponible.

Propeller sizing

To size				System analysis	
Shaft RPM:	Size	▼ 180,9	RPM	Cavitation criteria:	Keller eqn ▼
Expanded area ratio:	Size	▼ 0,700		Analysis type:	Towing ▼
Propeller diameter:	Keep	▼ 4500,0	mm	CPP method:	Fixed RPM
Propeller mean pitch:	Keep	▼ 5000,0	mm		
Design condition [By power]					
Design speed:		15,00	▼ kt		
Reference power:		15000,0	... kW		
Design point:		1,000	...		
Reference RPM:		150,0	...		
Design point:		1,030	...		
Max prop diam:		4500,0	mm		
Review					
Tip speed:		42,64 !!	m/s		

En esta situación, la velocidad de la punta de la pala de la hélice es elevada. Si no fuese un proyecto académico, en una oficina técnica deberíamos asegurarnos de que no se produzca cavitación en las distintas partes de la pala, o mismo entre la hélice y la tobera. A continuación, se muestran los resultados de la capacidad de remolque de nuestro buque de proyecto.





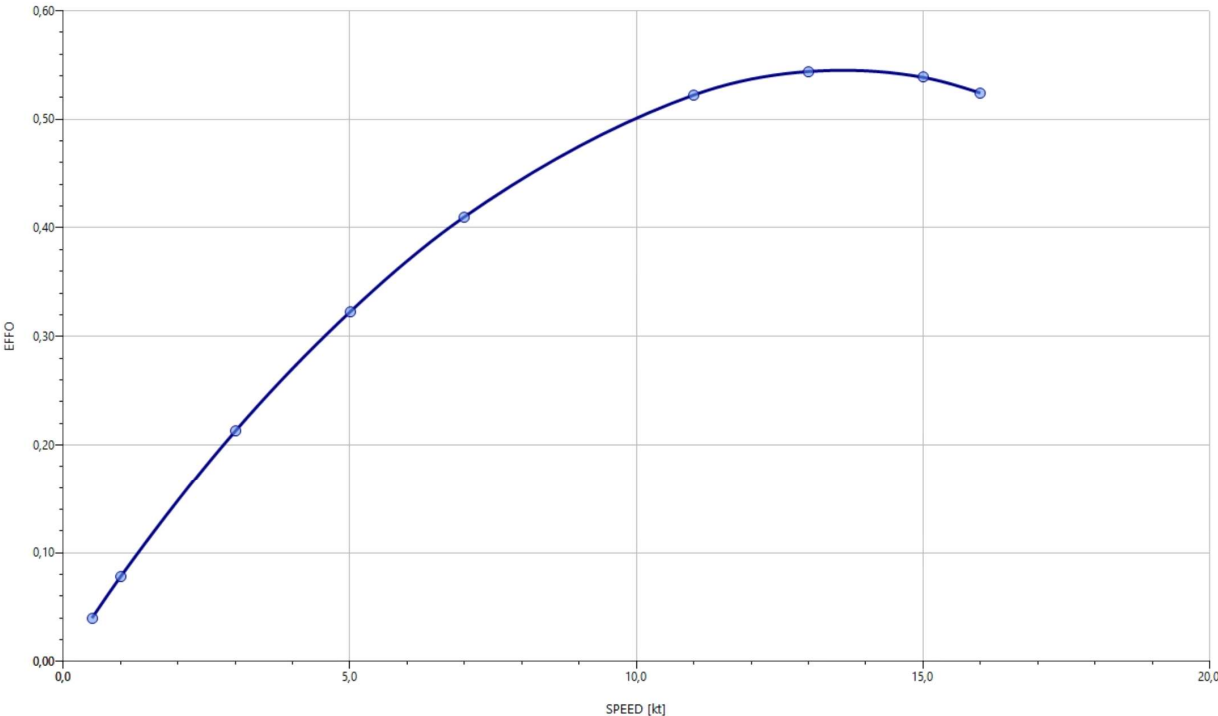
CONDICIÓN	VELOCIDAD (NUDOS)	TOWPULL (KN)	TOWPULL (T)	PBTOTAL (KW)
REMOLQUE	1	2.025,83	201,55	14.754,70
SERVICIO	15	357,44	35,74	14.991,50
MÁXIMA	16	20,86	2,08	14.964,80

Actualmente, con los propulsores que tenemos definidos, conseguimos alcanzar el requisito de tiro que establecíamos en la hoja de rpa. La evaluación del TPF se debe realizar a una velocidad de 0 kn. Para evitar posibles problemas en el análisis mediante este software subiremos la velocidad a 1 kn y obtenemos una capacidad de tiro a punto fijo de 201,55 t. A una velocidad menor, cumplimos de manera más holgada con 2.080 kN o su equivalencia de 212 t de TPF. Esta capacidad de tiro disminuye según aumentamos la velocidad del buque, además, realizando el ensayo de remolque; podemos observar que los propulsores siempre estarán trabajando próximos a la máxima potencia.

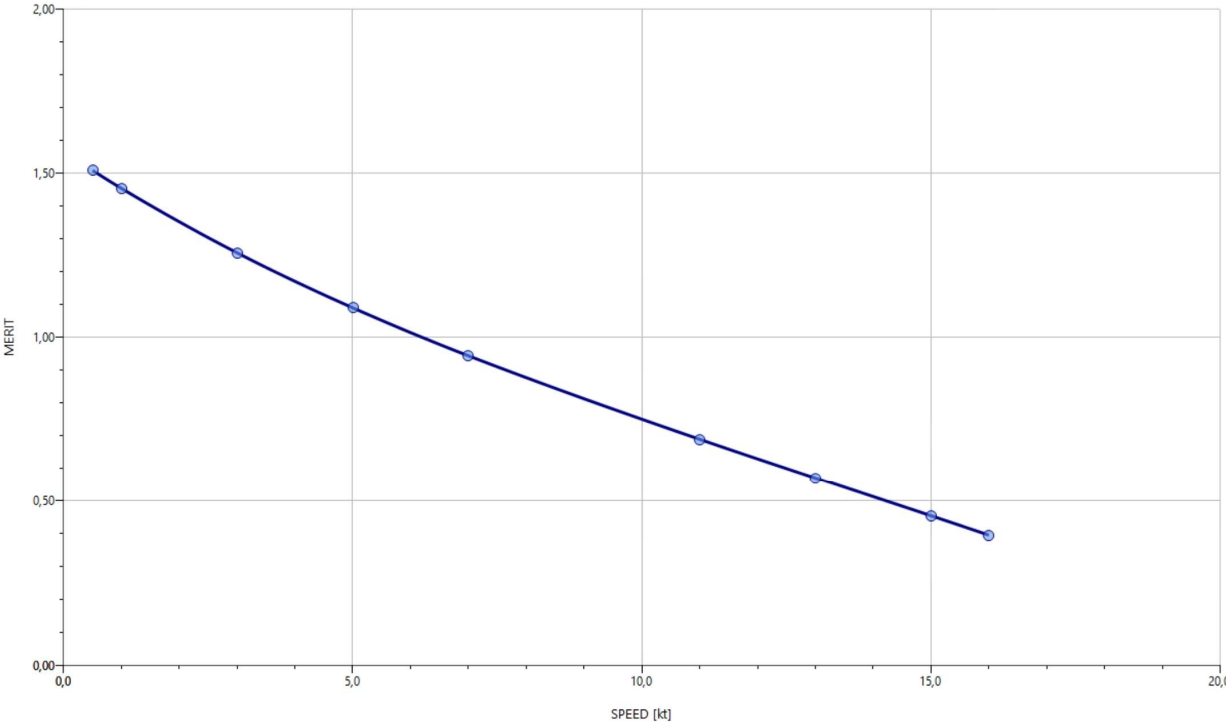
A mayores, se muestran los resultados del rendimiento del propulsor en aguas libres y el coeficiente de mérito. No realizaremos ensayos con distintos números de palas en las hélices buscando cual tiene un mejor rendimiento porque las hélices que montan los pods ya están diseñadas por el fabricante, en este caso ABB o una empresa externa, quién sería el encargado de asegurarse que tengan un buen funcionamiento. Nosotros en este apartado solo valoramos que los propulsores escogidos tengan la capacidad de remolque suficiente que se nos exige en la hoja de rpa.

Todos los resultados que se obtuvieron en Navcad se encuentran en el anexo de este cuaderno junto los planos de justificación de las superficies del casco y superestructura correspondientes a la parte de resistencia aerodinámica. A mayores, después de las gráficas de effo y merit también se muestra el resultado de la hélice que se ha diseñado. Esta se obtuvo en formato .iges y se importó a maxsurf para poder ver el renderizado final.

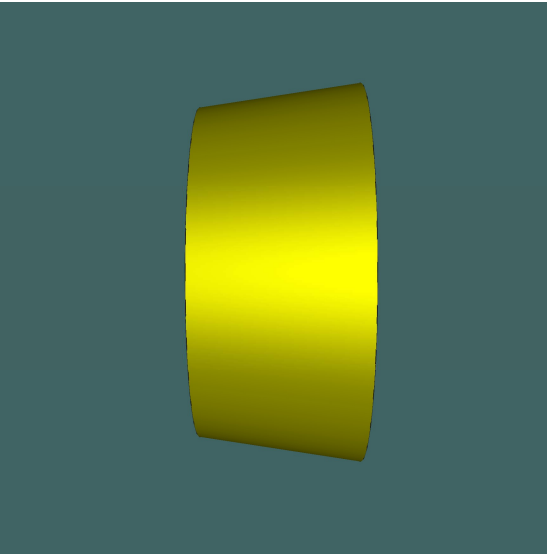
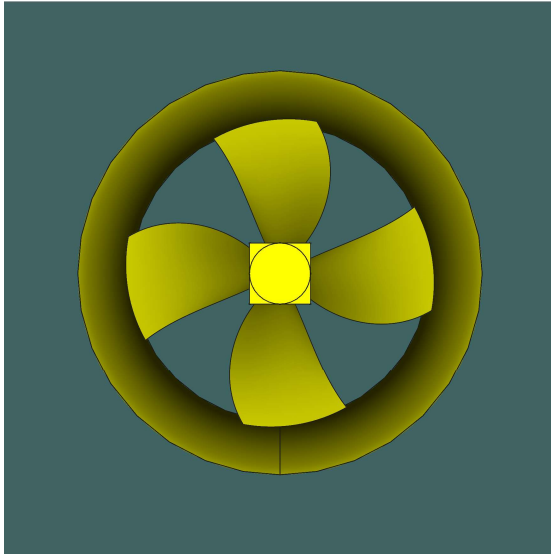
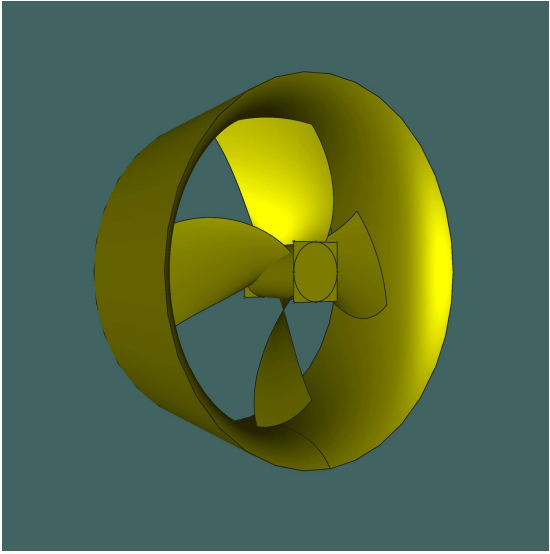
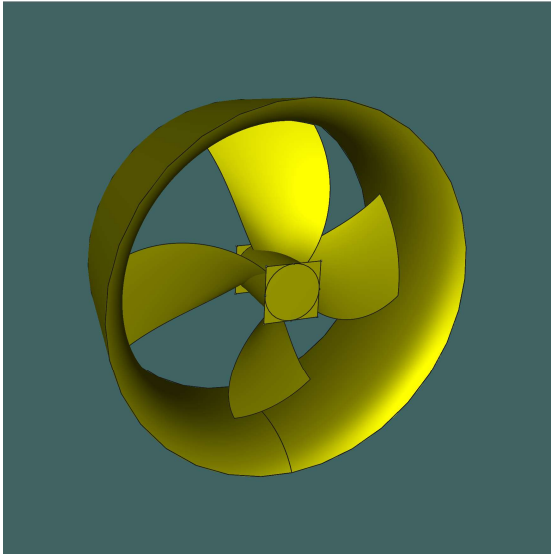
Gráfica del rendimiento en aguas libres (EFFO).



Gráfica del coeficiente de mérito (MERIT).



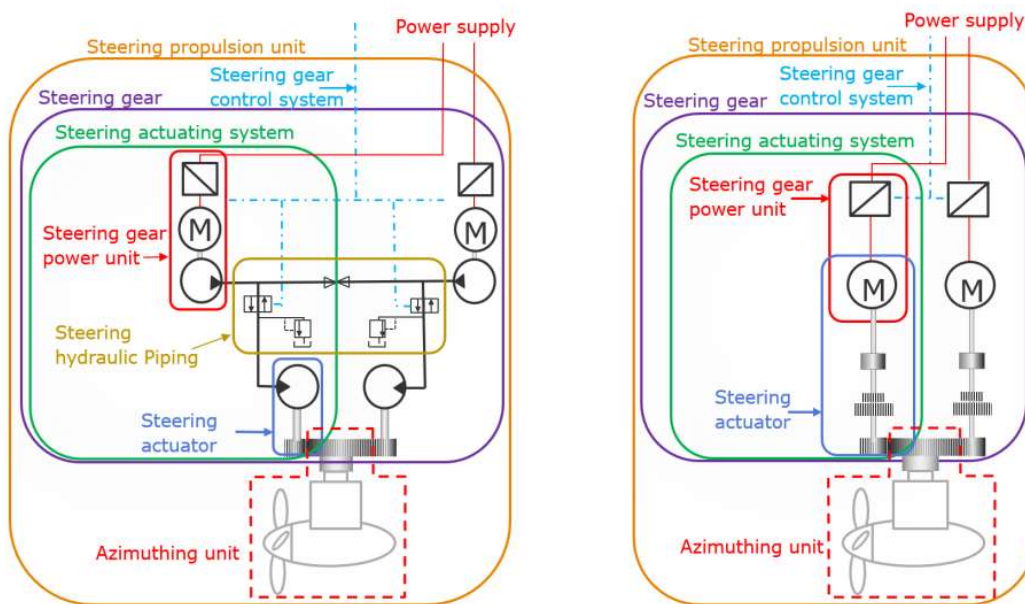
A continuación, se muestra el renderizado de la hélice obtenida en Navcad.



5 DISEÑO DEL TIMÓN.

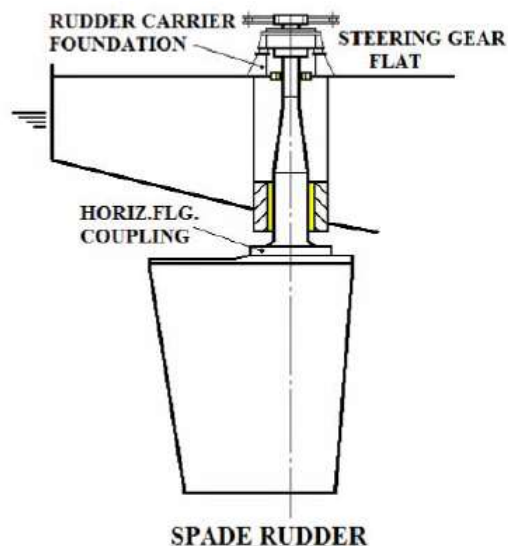
En este apartado del cuaderno, tendremos en cuenta que nuestra propulsión es mediante azipods así que no disponemos de un timón en sí mismo. La función que realiza el timón en las maniobras del buque ahora se encuentra reemplazada por la utilización de este tipo de propulsión y de un servomotor que es capaz de girar los pods, produciendo así empuje en un abanico de 360° teniendo a su vez más efectividad a la hora de maniobrar.

Tendremos en cuenta el DNV-RU-SHIP Pt.4 Ch.5. Rotating machinery – driven units. En esta parte del reglamento no hay cálculos estrictamente definidos para calcular la potencia de los servos, solo tenemos unas recomendaciones generalistas dependiendo si el actuador es hidráulico o eléctrico.



En caso de duda lo más recomendable es consultar con el fabricante para saber cual es el mejor sistema de accionamiento del servo, dependiendo de la tipología de nuestro buque.

Aún así, diseñaremos nuestro timón a pesar de que nuestro buque real no lo necesitará. Tendremos un timón como el de la figura.



5.1 Cálculo de fuerzas y par del timón

Como bien hemos dicho antes, seguiremos las recomendaciones del reglamento DNV.

2.1 Rudder blades without cut-outs

2.1.1 The rudder force C_R , in N, upon which the rudder scantlings shall be based, shall be determined from the following formula:

$$C_R = 132 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot A \cdot V^2$$

where:

- A = area of rudder blade, in m^2 , including area of flap and rudder bulb, if any
- = vertical projected area of nozzle rudder
- V = maximum specified service speed, in knots. When the speed is less than 10 knots, V shall be replaced by the expression:

$$V_{min} = (V + 20) / 3$$

For the astern condition the maximum astern speed shall be used, however, in no case less than:

$$V_{astern} = 0.5 V$$

- K_1 = factor depending on the aspect ratio λ of the rudder area
- = $(\lambda + 2) / 3$, with λ not to be taken greater than 2
- λ = b^2 / A_t
- b = mean height of the rudder area in m. Mean breadth and mean height of rudder are calculated according to the coordinate system in [Figure 2](#)
- A_t = sum of rudder blade area A and area of rudder post or rudder horn, if any, within the height b in m^2
- K_2 = coefficient depending on the type of the rudder and the rudder profile according to [Table 3](#)
- K_3 = 0.8 for rudders outside the propeller jet
- = 1.15 for rudders behind a fixed propeller nozzle
- = 1.0 otherwise.

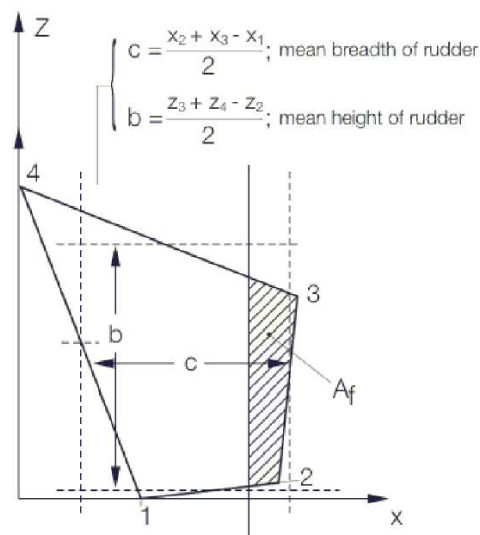


Figure 2 Rudder dimensions

Comenzaremos calculando los datos requeridos para obtener la fuerza a la que está sometido el timón (C_r).

- A (Área del timón). Es totalmente rectangular y posee las siguientes dimensiones.
 $A = 2,45 * 4,50 = 11,025 \text{ m}^2$



- V (Máxima velocidad de servicio). Son 15 nudos.
- K1 (factor que depende de la relación de aspecto del área del timón).

$$k1 = \frac{\lambda + 2}{3} \quad \text{con } \lambda = \frac{b^2}{At} \quad \text{y } At \approx A$$

$$k1 = \frac{\frac{b^2}{A} + 2}{3} = \frac{\frac{2,5^2}{11,025} + 2}{3} = 0,8556$$

- K2 (coeficiente que depende del tipo de timón y de su perfil hidrodinámico). En nuestro caso el timón será de tipo Flat side.

Table 3 Rudder profile type - coefficient

Profile Type	K_2	
	Ahead condition	Astern condition
NACA-00 series Göttingen 	1.10	0.80
Flat side 	1.10	0.90

- K3 es un coeficiente que dependerá de donde se encuentra situado nuestro timón. Tiene tres posibles valores.

$$\begin{aligned} K_3 &= 0.8 \text{ for rudders outside the propeller jet} \\ &= 1.15 \text{ for rudders behind a fixed propeller nozzle} \\ &= 1.0 \text{ otherwise.} \end{aligned}$$

En nuestro caso debemos de escoger el valor de 1,15 porque el timón está situado detrás de la tobera de la hélice.

Con estos valores procederemos a calcular la fuerza que se ejerce en nuestro timón.

$$C_r = 132 * K1 * K2 (Ahead) * K3 * A * V^2$$

$$C_r (ahead) = 132 * 0,8556 * 1,10 * 1,15 * 11,025 * 15^2 = \mathbf{354402,15 \text{ N}}$$

$$C_r (astern) = 132 * 0,8556 * 0,90 * 1,15 * 11,025 * 15^2 = \mathbf{289965,40 \text{ N}}$$

Una vez calculada la fuerza continuaremos con el cálculo del par (Q_r).

2.1.2 The rudder torque Q_R , in Nm, shall be calculated for both the ahead and astern condition according to the formula:

$$Q_R = C_R \cdot r$$

where:

- r = $\max(c(\alpha - k); 0.1c)$, for ahead condition, in m
- = $c(\alpha - k)$, for astern condition, in m
- c = mean breadth of rudder area, in m, see Figure 2
- α = 0.33 for ahead condition
- = 0.66 for astern condition
- k = A_f / A
- A_f = portion of the rudder blade area, in m^2 , situated ahead of the centre line of the rudder stock, see Figure 3.

Igual que en caso anterior comenzaremos calculando los datos que se requieren en la fórmula.

- El valor de r tiene dos posibles cálculos.

$$r \text{ ahead (m)} = \max(c * (\alpha - k); 0,1 * c)$$

$$r \text{ ahead (m)} = \max(2,45 * (0,33 - 0,20408); 0,1 * 2,45) = \max(0,3085 ; 0.245)$$

$$\mathbf{r \text{ ahead (m)} = 0,3085 m}$$

$$r \text{ astern (m)} = c * (\alpha - k)$$

$$r \text{ astern (m)} = 2,45 * (0,33 - 0,20408) = 0,3085 Nm$$

$$\mathbf{r \text{ astern (m)} = 0,3085 Nm}$$

- El valor de c se corresponde con el ancho del timón que en nuestro caso al ser totalmente rectangular es 2,45 m.
- El parámetro α es de 0,33 para la condición ahead y 0,66 para astern.
- El parámetro k es la relación entre A_f y A .

$$k = \frac{A_f}{A} = \frac{2,25}{11,025} = 0,20408$$

Al ser un rectángulo perfecto k coincide con la distancia desde el borde de ataque hasta la mecha del timón. El centro de presiones avante se encuentra a un tercio del borde de ataque y a dos tercios cuando está cuando.

- A_f se define como la parte del timón que se encuentra a proa de la mecha del timón.

$$A_f (m^2) = 0,5 * 4,5 = 2.25 m^2$$

Con estos datos ya podemos calcular el par que se ejerce al timón.

$$Q_r (Nm) = C_r * r$$

$$\mathbf{Q_r (Nm)(ahead) = 354402,15 N * 0,3085 m = 109.333,06 Nm} \text{ (crítico)}$$

$$\mathbf{Q_r (Nm)(astern) = 289965,40 N * 0,3085 m = 89.454,33 Nm}$$

5.2 Cálculo de la potencia del servomotor.

Las fuerzas que se ejercen sobre el timón se pueden descomponer en una perpendicular a la superficie de la pala y otra paralela a esta.

Anteriormente, se ha calculado la condición más demandante de par, que es de 109.333,06 Nm.

Según el SOLAS:

“...el servomotor debe ser capaz de mover la pala de 35° a una banda a 30° a otra banda cuando el buque navega a las máximas RPM y en menos de 28 segundos...”

Por tanto, la potencia necesaria se calcula de la siguiente forma:

$$\begin{aligned} \text{Potencia} &= \text{Momento} * \text{Velocidad angular} = \text{Momento} * \frac{\text{Ángulo}}{\text{Tiempo}} \\ \text{Potencia} &= 109333,06 \text{ Nm} * \frac{65 * \pi}{180 * 28 \frac{\text{rad}}{\text{s}}} * 10 = 44298 \text{ W} \end{aligned}$$

Si consideramos un rendimiento del 80% y un margen de seguridad del 10%, la potencia del servomotor se estima en:

$$\text{Potencia} = 49.220 \sim \mathbf{50.000 \text{ W o } 50 \text{ kW}}$$

Seguramente el valor real de la potencia de los motores que nos solucione el fabricante ABB sea mayor que la que hemos calculado porque esta potencia es la del servomotor del timón, no la del azipod. Como estimación nos puede servir, pero el área lateral de los azipods es mucho mayor que la del timón, por tanto, la potencia necesaria para rotar estos 360° también lo será.

ANEXO

- I. Informes de los cálculos de resistencia al avance y de la potencia propulsora.**
- II. Plano justificación de los apéndices del buque.**
- III. Plano justificación de la superficie frontal y lateral del casco expuesto y de la superestructura.**
- IV. Documentación técnica de los propulsores y los diésel generadores instalados en el buque.**

Resistance

9 jul 2022 04:56

HydroComp NavCad 2018

Project ID **AHTS 200 TPF**

Description **TFG 2022-GENO-3. Raúl Fernández Garda.**

File name **AHTS 200 TFG C6.hcnc**

Analysis parameters

Vessel drag		ITTC-78 (CT)	Added drag	
Technique:	[Calc]	Prediction	Appendage:	[Calc] Holtrop (Component)
Prediction:		Holtrop	Wind:	[Calc] Taylor
Reference ship:			Seas:	[Off]
Model LWL:			Shallow/channel:	[Off]
Expansion:		Standard	Towed:	[Off]
Friction line:		ITTC-57	Margin:	[Off]
Hull form factor:	[On]	1,369	Water properties	
Speed corr:	[On]		Water type:	Salt
Spray drag corr:	[Off]		Density:	1026,00 kg/m3
Corr allowance:		ITTC-78 (v2008)	Viscosity:	1,18920e-6 m2/s
Roughness [mm]:	[On]	0,15		

Prediction method check [Holtrop]

Parameters	FN [design]	CP	LWL/BWL	BWL/T	Lambda
Value	0,27	0,71	3,96	2,61	0,91
Range	0,06-0,36	0,55-0,85	3,90-14,90	2,10-4,00	0,01-1,01

Prediction results

SPEED [kt]	SPEED COEFS		ITTC-78 COEFS						
	FN	FV	RN	CF	[CV/CF]	CR	dCF	CA	CT
0,50 !	0,009	0,018	1,84e7	0,002707	1,369	0,000001	0,000000	0,000311	0,004018
1,00 !	0,018	0,035	3,67e7	0,002422	1,369	0,000001	0,000000	0,000474	0,003791
3,00 !	0,054	0,105	1,10e8	0,002055	1,369	0,000001	0,000000	0,000594	0,003408
5,00	0,089	0,175	1,84e8	0,001912	1,369	0,000001	0,000000	0,000605	0,003222
7,00	0,125	0,245	2,57e8	0,001825	1,367	0,000007	0,000000	0,000599	0,003102
11,00	0,196	0,385	4,04e8	0,001719	1,355	0,000426	0,000000	0,000578	0,003332
13,00	0,232	0,455	4,77e8	0,001681	1,337	0,001549	0,000000	0,000567	0,004365
+ 15,00 +	0,268	0,525	5,51e8	0,001651	1,310	0,003767	0,000000	0,000556	0,006485
16,00	0,285	0,560	5,87e8	0,001637	1,292	0,005654	0,000000	0,000550	0,008318
RESISTANCE									
SPEED [kt]	RBARE [kN]	RAPP [kN]	RWIND [kN]	RSEAS [kN]	RCHAN [kN]	RTOWED [kN]	RMARGIN [kN]	RTOTAL [kN]	
0,50 !	0,37	0,05	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,43	
1,00 !	1,38	0,19	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	1,62	
3,00 !	11,18	1,60	0,44	0,00	0,00	0,00	0,00	13,22	
5,00	29,38	4,32	1,22	0,00	0,00	0,00	0,00	34,92	
7,00	55,43	8,31	2,39	0,00	0,00	0,00	0,00	66,14	
11,00	147,03	20,01	5,91	0,00	0,00	0,00	0,00	172,95	
13,00	269,01	27,69	8,25	0,00	0,00	0,00	0,00	304,96	
+ 15,00 +	532,10	36,57	10,99	0,00	0,00	0,00	0,00	579,65	
16,00	776,63	41,45	12,50	0,00	0,00	0,00	0,00	830,58	
EFFECTIVE POWER									
SPEED [kt]	PEBARE [kW]	PETOTAL [kW]	CTLR	CTLT	RBARE/W				
0,50 !	0,1	0,1	0,00001	0,04304	0,00000				
1,00 !	0,7	0,8	0,00001	0,04061	0,00001				
3,00 !	17,3	20,4	0,00001	0,03650	0,00010				
5,00	75,6	89,8	0,00001	0,03451	0,00027				
7,00	199,6	238,2	0,00007	0,03323	0,00052				
11,00	832,0	978,7	0,00456	0,03569	0,00137				
13,00	1799,1	2039,5	0,01660	0,04676	0,00251				
+ 15,00 +	4106,0	4473,0	0,04035	0,06946	0,00497				
16,00	6392,5	6836,6	0,06056	0,08911	0,00726				

Resistance

9 jul 2022 04:56

HydroComp NavCad 2018

Project ID **AHTS 200 TPF**
 Description **TFG 2022-GENO-3. Raúl Fernández Garda.**
 File name **AHTS 200 TFG C6.hcnc**

Hull data

General		Planing	
Configuration:	Monohull	<i>Proj chine length:</i>	<i>0,000 m</i>
Chine type:	Round/multiple	<i>Proj bottom area:</i>	<i>0,000 m2</i>
Length on WL:	84,840 m	<i>LCG fwd TR:</i>	<i>[XCG/LP 0,000] 0,000 m</i>
Max beam on WL:	[LWL/BWL 3,964] 21,400 m	<i>VCG below WL:</i>	<i>0,000 m</i>
Max molded draft:	[BWL/T 2,613] 8,190 m	<i>Aft station (fwd TR):</i>	<i>0,000 m</i>
Displacement:	[CB 0,715] 10914,00 t	<i>Deadrise:</i>	<i>0,00 deg</i>
Wetted surface:	[CS 2,828] 2686,200 m2	<i>Chine beam:</i>	<i>0,000 m</i>
ITTC-78 (CT)		<i>Chine ht below WL:</i>	<i>0,000 m</i>
LCB fwd TR:	[XCB/LWL 0,452] 38,369 m	<i>Fwd station (fwd TR):</i>	<i>0,000 m</i>
LCF fwd TR:	[XCF/LWL 0,394] 33,428 m	<i>Deadrise:</i>	<i>0,00 deg</i>
Max section area:	[CX 1,002] 175,700 m2	<i>Chine beam:</i>	<i>0,000 m</i>
Waterplane area:	[CWP 0,913] 1657,800 m2	<i>Chine ht below WL:</i>	<i>0,000 m</i>
Bulb section area:	0,000 m2	<i>Propulsor type:</i>	<i>SPP</i>
Bulb ctr below WL:	0,000 m	<i>Max prop diameter:</i>	<i>4500,0 mm</i>
Bulb nose fwd TR:	0,000 m	<i>Shaft angle to WL:</i>	<i>0,00 deg</i>
Imm transom area:	[ATR/AX 0,000] 0,000 m2	<i>Position fwd TR:</i>	<i>0,000 m</i>
Transom beam WL:	[BTR/BWL 0,000] 0,000 m	<i>Position below WL:</i>	<i>0,000 m</i>
Transom immersion:	[TTR/T 0,000] 0,000 m	<i>Transom lift device:</i>	<i>Flap</i>
Half entrance angle:	56,00 deg	<i>Device count:</i>	<i>0</i>
Bow shape factor:	[WL flow] 1,0	<i>Span:</i>	<i>0,000 m</i>
Stern shape factor:	[AVG flow] 0,0	<i>Chord length:</i>	<i>0,000 m</i>
		<i>Deflection angle:</i>	<i>0,00 deg</i>
		<i>Tow point fwd TR:</i>	<i>0,000 m</i>
		<i>Tow point below WL:</i>	<i>0,000 m</i>

Resistance

9 jul 2022 04:56

HydroComp NavCad 2018

Project ID **AHTS 200 TPF**

Description **TFG 2022-GENO-3. Raúl Fernández Garda.**

File name **AHTS 200 TFG C6.hcnc**

Appendage data

General		Skeg/Keel	
Definition:	Component	Count:	1
Percent of hull drag:	0,00 %	Type:	Skeg
Planing influence		Mean length:	20,300 m
LCE fwd TR:	0,000 m	Mean width:	2,400 m
VCE below WL:	0,000 m	Height aft:	5,000 m
Shafting		Height mid:	2,000 m
Count:	2	Height fwd:	0,000 m
Max prop diameter:	4500,0 mm	Projected area:	45,500 m2
Shaft angle to WL:	0,00 deg	Wetted surface:	151,000 m2
Exposed shaft length:	0,000 m	Stabilizer	
Shaft diameter:	0,000 m	Count:	0
Wetted surface:	0,000 m2	Root chord:	0,000 m
Strut bossing length:	0,000 m	Tip chord:	0,000 m
Bossing diameter:	0,000 m	Span:	0,000 m
Wetted surface:	0,000 m2	T/C ratio:	0,000
Hull bossing length:	0,000 m	LE sweep:	0,00 deg
Bossing diameter:	0,000 m	Wetted surface:	0,000 m2
Wetted surface:	0,000 m2	Projected area:	0,000 m2
Strut (per shaft line)		Dynamic multiplier:	1,00
Count:	0	Bilge keel	
Root chord:	0,000 m	Count:	0
Tip chord:	0,000 mm	Mean length:	0,000 m
Span:	0,000 m	Mean base width:	0,000 m
T/C ratio:	0,000	Mean projection:	0,000 m
Projected area:	0,000 m2	Wetted surface:	0,000 m2
Wetted surface:	0,000 m2	Tunnel thruster	
Exposed palm depth:	0,000 m	Count:	2
Exposed palm width:	0,000 m	Diameter:	2,680 m
Rudder		Sonar dome	
Count:	0	Count:	0
Rudder location:	Behind propeller	Wetted surface:	0,000 m2
Type:	Balanced foil	Miscellaneous	
Root chord:	0,000 m	Count:	0
Tip chord:	0,000 m	Drag area:	0,000 m2
Span:	0,000 m	Drag coef:	0,00
T/C ratio:	0,000		
LE sweep:	0,00 deg		
Projected area:	0,000 m2		
Wetted surface:	0,000 m2		

Environment data

Wind		Seas	
Wind speed:	0,00 kt	Significant wave ht:	0,000 m
Angle off bow:	0,00 deg	Modal wave period:	0,0 sec
Gradient correction:	Off	Shallow/channel	
Exposed hull		Water depth:	0,000 m
Transverse area:	338,400 m2	Type:	Shallow water
VCE above WL:	8,200 m	Channel width:	0,000 m
Profile area:	759,000 m2	Channel side slope:	0,00 deg
Superstructure		Hull girth:	0,000 m
Superstructure shape:	Cargo ship		
Transverse area:	91,400 m2		
VCE above WL:	17,800 m		
Profile area:	70,000 m2		

Resistance

9 jul 2022 04:56

HydroComp NavCad 2018

Project ID **AHTS 200 TPF**

Description **TFG 2022-GENO-3. Raúl Fernández Garda.**

File name **AHTS 200 TFG C6.hcnc**

Symbols and values

SPEED = Vessel speed
FN = Froude number [LWL]
FV = Froude number [VOL]

RN = Reynolds number [LWL]
CF = Frictional resistance coefficient
CV/CF = Viscous/frictional resistance coefficient ratio [dynamic form factor]
CR = Residuary resistance coefficient
dCF = Added frictional resistance coefficient for roughness
CA = Correlation allowance [dynamic]
CT = Total bare-hull resistance coefficient

RBARE = Bare-hull resistance
RAPP = Additional appendage resistance
RWIND = Additional wind resistance
RSEAS = Additional sea-state resistance
RCHAN = Additional shallow/channel resistance
RTOWED = Additional towed object resistance
RMARGIN = Resistance margin
RTOTAL = Total vessel resistance

PEBARE = Bare-hull effective power
PETOTAL = Total effective power

CTLR = Telfer residuary resistance coefficient
CTLT = Telfer total bare-hull resistance coefficient
RBARE/W = Bare-hull resistance to weight ratio

+ = Design speed indicator
* = Exceeds parameter limit

Propulsion

9 jul 2022 05:01

HydroComp NavCad 2018

Project ID **AHTS 200 TPF**

Description **TFG 2022-GENO-3. Raúl Fernández Garda.**

File name **AHTS 200 TFG C6.hncn**

Analysis parameters

Hull-propulsor interaction		System analysis	
Technique:	[Calc] Prediction	Cavitation criteria:	Keller eqn
Prediction:	Holtrop	Analysis type:	Towing
Reference ship:		CPP method:	
Max prop diam:	4500,0 mm	Engine RPM:	
Corrections		Mass multiplier:	
Viscous scale corr:	[Off]	RPM constraint:	
Rudder location:		Limit [RPM/s]:	
Friction line:		Water properties	
Hull form factor:		Water type:	Salt
Corr allowance:		Density:	1026,00 kg/m3
Roughness [mm]:		Viscosity:	1,18920e-6 m2/s
Ducted prop corr:	[On]		
Tunnel stern corr:	[Off]		

Prediction method check [Holtrop]

Parameters	FN [design]	CP	LWL/BWL	BWL/T
Value	0,27	0,71	3,96	2,61
Range	0,06-0,80	0,55-0,85	3,90-14,90	2,10-4,00

Prediction results [System]

SPEED [kt]	HULL-PROPULSOR				ENGINE			FUEL PER ENGINE	
	PETOTAL [kW]	WFT	THD	EFFR	RPMENG [RPM]	PBENG [kW]	LOADENG [% rated]	VOLRATE [L/h]	MASSRATE [t/h]
0,50 !	0,1	0,0997	0,1684	0,9946	134	7376,4	98,4	---	---
1,00 !	0,8	0,0997	0,1684	0,9946	134	7377,3	98,4	---	---
3,00 !	20,4	0,0996	0,1684	0,9946	135	7382,8	98,4	---	---
5,00	89,8	0,0988	0,1684	0,9946	136	7391,3	98,6	---	---
7,00	238,2	0,0982	0,1684	0,9946	137	7403,3	98,7	---	---
11,00	978,7	0,0976	0,1684	0,9946	142	7440,3	99,2	---	---
13,00	2039,5	0,0974	0,1684	0,9946	145	7462,0	99,5	---	---
+ 15,00 +	4473,0	0,0972	0,1684	0,9946	150	7496,2	99,9	---	---
16,00	6836,6	0,0971	0,1684	0,9946	152	7482,3	99,8	---	---
SPEED [kt]	EFFICIENCY			THRUST					
	EFFO	EFFOA	MERIT	THRPROP [kN]	DELTHR [kN]	TOWPULL [kN]			
0,50 !	0,0400	0,0360	1,5089	1242,95	2067,20	2066,77			
1,00 !	0,0781	0,0703	1,4542	1212,84	2017,14	2015,52			
3,00 !	0,2127	0,1915	1,2579	1101,65	1832,20	1818,98			
5,00	0,3225	0,2901	1,0905	1002,35	1667,05	1632,13			
7,00	0,4103	0,3688	0,94436	911,66	1516,23	1450,09			
11,00	0,5224	0,4692	0,6898	741,88	1233,86	1060,91			
13,00	0,5440	0,4885	0,57122	655,48	1090,17	785,21			
+ 15,00 +	0,5387	0,4836	0,45497	564,94	939,58	359,93			
16,00	0,5243	0,4706	0,39611	514,47	855,64	25,06			
SPEED [kt]	POWER DELIVERY								
	RPMPROP [RPM]	QPROP [kN·m]	QENG [kN·m]	PDPROP [kW]	PSPROP [kW]	PSTOTAL [kW]	PBTOTAL [kW]	TRANSP	
0,50 !	134	513,38	513,38	7228,9	7376,4	14752,8	14752,8	0,0	
1,00 !	134	512,96	512,96	7229,8	7377,3	14754,7	14754,7	0,0	
3,00 !	135	510,56	510,56	7235,2	7382,8	14765,6	14765,6	0,0	
5,00	136	506,94	506,94	7243,5	7391,3	14782,6	14782,6	0,0	
7,00	137	501,94	501,94	7255,2	7403,3	14806,6	14806,6	0,0	
11,00	142	487,32	487,32	7291,5	7440,3	14880,6	14880,6	0,0	
13,00	145	477,50	477,50	7312,7	7462,0	14924,0	14924,0	0,0	
+ 15,00 +	150	466,69	466,69	7346,3	7496,2	14992,4	14992,4	0,0	
16,00	152	459,35	459,35	7332,7	7482,3	14964,6	14964,6	0,0	

Propulsion

9 jul 2022 05:01

HydroComp NavCad 2018

Project ID **AHTS 200 TPF**

Description **TFG 2022-GENO-3. Raúl Fernández Garda.**

File name **AHTS 200 TFG C6.hcnc**

Prediction results [Propulsor]

CAVITATION									
SPEED [kt]	SIGMAV	SIGMAN	SIGMA07R	TIPSPEED [m/s]	MINBAR	PRESS [kPa]	CAVAVG [%]	CAVMAX [%]	PITCHFC [mm]
0,50 !	6035,36	3,22	0,67	31,51 !	0,539	57,33	8,6	8,6	2821,3
1,00 !	1508,84	3,21	0,66	31,54 !	0,538	57,41	8,6	8,6	2838,3
3,00 !	167,60	3,18	0,65	31,71 !	0,534	57,68	8,6	8,6	2918,4
5,00	60,23	3,12	0,64	31,97 !	0,528	57,61	8,3	8,3	3015,8
7,00	30,69	3,05	0,62	32,35 !	0,517	57,02	7,7	7,7	3126,2
11,00	12,41	2,85	0,56	33,48 !	0,483	54,00	5,9	5,9	3361,6
13,00	8,88	2,72	0,53	34,27 !!	0,460	51,62	4,7	4,7	3474,0
+ 15,00 +	6,67	2,57	0,49	35,23 !!	0,434	48,82	3,7	3,7	3575,7
16,00	5,86	2,50	0,48	35,72 !!	0,418	47,09	3,2	3,2	3622,6
PROPULSOR COEFS									
SPEED [kt]	J	KT	KQ	KT/J2	KQ/J3	CTH	CP	RNPROP	KTN
0,50 !	0,0231	0,5947	0,05458	1115,6	4434,8	2840,8	71345	3,11e7	0,3111
1,00 !	0,0461	0,5792	0,05444	272,14	554,42	693	8919,3	3,11e7	0,2958
3,00 !	0,1377	0,5204	0,05360	27,458	20,541	69,922	330,46	3,14e7	0,2387
5,00	0,2278	0,4657	0,05234	8,9772	4,4296	22,86	71,262	3,17e7	0,1890
7,00	0,3154	0,4139	0,05065	4,1611	1,6142	10,596	25,968	3,22e7	0,1463
11,00	0,4791	0,3144	0,04589	1,3694	0,41719	3,4871	6,7115	3,37e7	0,0778
13,00	0,5534	0,2651	0,04292	0,86584	0,2533	2,2048	4,0749	3,47e7	0,0493
+ 15,00 +	0,6213	0,2163	0,03970	0,56028	0,16554	1,4268	2,6632	3,60e7	0,0231
16,00	0,6536	0,1915	0,03800	0,44836	0,13611	1,1417	2,1897	3,66e7	0,0103

Propulsion

9 jul 2022 05:01

HydroComp NavCad 2018

Project ID **AHTS 200 TPF**

Description **TFG 2022-GENO-3. Raúl Fernández Garda.**

File name **AHTS 200 TFG C6.hcnc**

Hull data

General		Planing	
Configuration:	Monohull	Proj chine length:	0,000 m
Chine type:	Round/multiple	Proj bottom area:	0,000 m ²
Length on WL:	84,840 m	LCG fwd TR:	[XCG/LP 0,000] 0,000 m
Max beam on WL:	[LWL/BWL 3,964] 21,400 m	VCG below WL:	0,000 m
Max molded draft:	[BWL/T 2,613] 8,190 m	Aft station (fwd TR):	0,000 m
Displacement:	[CB 0,715] 10914,00 t	Deadrise:	0,00 deg
Wetted surface:	[CS 2,828] 2686,200 m²	Chine beam:	0,000 m
ITTC-78 (CT)		Chine ht below WL:	0,000 m
LCB fwd TR:	[XCB/LWL 0,452] 38,369 m	Fwd station (fwd TR):	0,000 m
LCF fwd TR:	[XCF/LWL 0,394] 33,428 m	Deadrise:	0,00 deg
Max section area:	[CX 1,002] 175,700 m²	Chine beam:	0,000 m
Waterplane area:	[CWP 0,913] 1657,800 m²	Chine ht below WL:	0,000 m
Bulb section area:	0,000 m²	Propulsor type:	SPP
Bulb ctr below WL:	0,000 m	Max prop diameter:	4500,0 mm
Bulb nose fwd TR:	0,000 m	Shaft angle to WL:	0,00 deg
Imm transom area:	[ATR/AX 0,000] 0,000 m²	Position fwd TR:	0,000 m
Transom beam WL:	[BTR/BWL 0,000] 0,000 m	Position below WL:	0,000 m
Transom immersion:	[TTR/T 0,000] 0,000 m	Transom lift device:	Flap
Half entrance angle:	56,00 deg	Device count:	0
Bow shape factor:	[WL flow] 1,0	Span:	0,000 m
Stern shape factor:	[AVG flow] 0,0	Chord length:	0,000 m
		Deflection angle:	0,00 deg
		Tow point fwd TR:	0,000 m
		Tow point below WL:	0,000 m

Propulsor data

Propulsor		Propeller options	
Count:	2	Oblique angle corr:	Off
Propulsor type:	Propeller series	Shaft angle to WL:	0,00 deg
Propeller type:	FPP	Added rise of run:	0,00 deg
Propeller series:	Kaplan 19A	Propeller cup:	0,0 mm
Propeller sizing:	By power	KTKQ corrections:	Custom
Reference prop:		Scale correction:	None
Blade count:	4	KT multiplier:	1,000
Expanded area ratio:	0,6500 [Keep]	KQ multiplier:	1,000
Propeller diameter:	4500,0 mm [Keep]	Blade T/C [0.7R]:	0,00
Propeller mean pitch:	[P/D 1,1111] 5000,0 mm [Keep]	Roughness:	0,00 mm
Hub immersion:	6600,0 mm	Cav breakdown:	Off
Engine/gear		Nozzle L/D:	0,70
Drive line:	Direct drive	Design condition [By power]	
Gear input:	No gearbox	Max prop diam:	4500,0 mm
Engine data:	Generic DC motor	Design speed:	15,00 kt
Rated RPM:	150 RPM	Reference power:	15000,0 kW
Rated power:	7500,0 kW	Design point:	1,000
Primary fuel:	Defined	Reference RPM:	150,0 RPM
Secondary fuel:	None	Design point:	1,030
Gear efficiency:	1,000	Shaft RPM:	181,2 RPM [Size]
Load correction:	Off		
Gear ratio:	1,000		
Shaft efficiency:	0,980		

Propulsion

9 jul 2022 05:01

HydroComp NavCad 2018

Project ID **AHTS 200 TPF**

Description **TFG 2022-GENO-3. Raúl Fernández Garda.**

File name **AHTS 200 TFG C6.hcnc**

Symbols and values

SPEED = Vessel speed

PETOTAL = Total vessel effective power
WFT = Taylor wake fraction coefficient
THD = Thrust deduction coefficient
EFFR = Relative-rotative efficiency

RPMENG = Engine RPM
PBENG = Brake power per engine
VOLRATE = Volumetric fuel rate total Primary
LOADENG = Engine load as a percentage of engine rated power

RPMPROP = Propulsor RPM
QPROP = Propulsor open water torque
QENG = Engine torque
PDPROP = Delivered power per propulsor
PSPROP = Shaft power per propulsor
PSTOTAL = Total vessel shaft power
PBTOTAL = Total vessel brake power
TRANSP = Transport factor

EFFO = Propulsor open-water efficiency
EFFG = Gear efficiency (load corrected)
EFFOA = Overall propulsion efficiency [=PETOTAL/PSTOTAL]
MERIT = Propulsor merit coefficient

THRPROP = Open-water thrust per propulsor
DELTHR = Total vessel delivered thrust

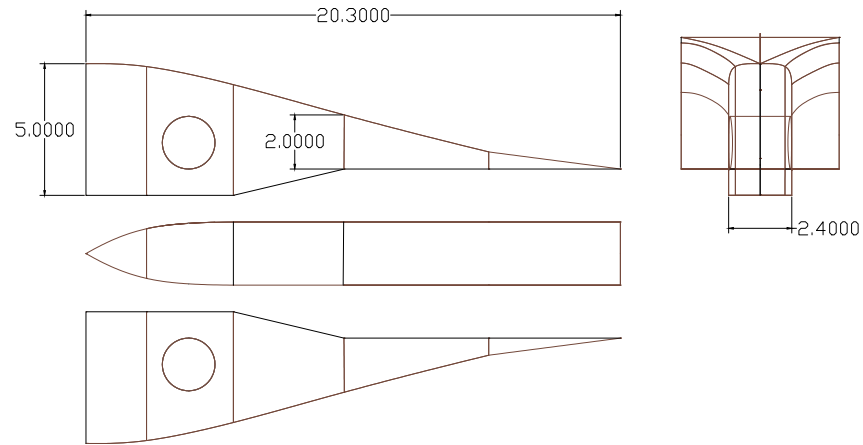
J = Propulsor advance coefficient
KT = Propulsor thrust coefficient [horizontal, if in oblique flow]
KQ = Propulsor torque coefficient
KT/J2 = Propulsor thrust loading ratio
KQ/J3 = Propulsor torque loading ratio
CTH = Horizontal component of bare-hull resistance coefficient
CP = Propulsor thrust loading coefficient
RNPROP = Propeller Reynolds number at 0.7R
KTN = Nozzle thrust coefficient

SIGMAV = Cavitation number of propeller by vessel speed
SIGMAN = Cavitation number of propeller by RPM
SIGMA07R = Cavitation number of blade section at 0.7R
TIPSPEED = Propeller circumferential tip speed
MINBAR = Minimum expanded blade area ratio recommended by selected cavitation criteria
PRESS = Average propeller loading pressure
CAVAVG = Average predicted back cavitation percentage
CAVMAX = Peak predicted back cavitation percentage [if in oblique flow]
PITCHFC = Minimum recommended pitch to avoid face cavitation

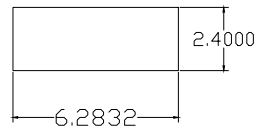
+ = Design speed indicator
* = Exceeds recommended parameter limit
! = Exceeds recommended cavitation criteria [warning]
!! = Substantially exceeds recommended cavitation criteria [critical]
!!! = Thrust breakdown is indicated [severe]
--- = Insignificant or not applicable

Apéndice I: Quillote central.

Superficie mojada del skeep = 151 m²



Apéndice II: Desarrollo de la superficie del tunnel thruster.



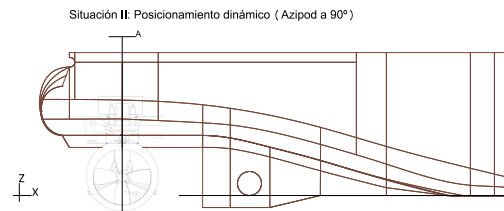
PROYECTO: ANCHOR HANDLING TUG SUPPLY VESSEL

CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES

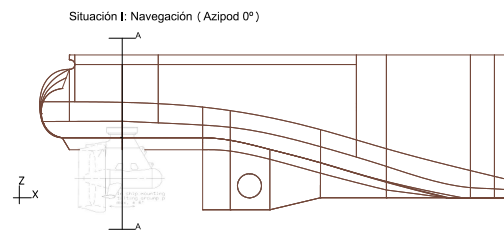
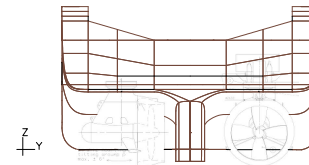
ESLORA TOTAL _____ 85,68 m.
 ESLORA ENTRE PERPENDICULARES _____ 79,00 m.
 MANGA DE TRAZADO _____ 21,40 m.
 PUNTAL A LA CUB. PRINCIPAL _____ 9,10 m.
 CALADO DE DISEÑO _____ 8,19 m.

C6. Plano justificación de los apéndices del buque.

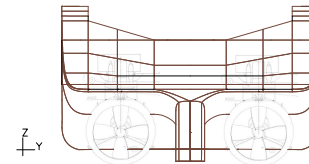
Autor: Raúl Fernández Garda		Universidade da Coruña
Tutor: Marcos Míguez González		Escola Politécnica Superior
Plano I	Escala 1:7	Trabajo Fin de Grado. 2022-GENO-3



Corte A-A
En posicionamiento dinámico



Corte A-A
En navegación normal



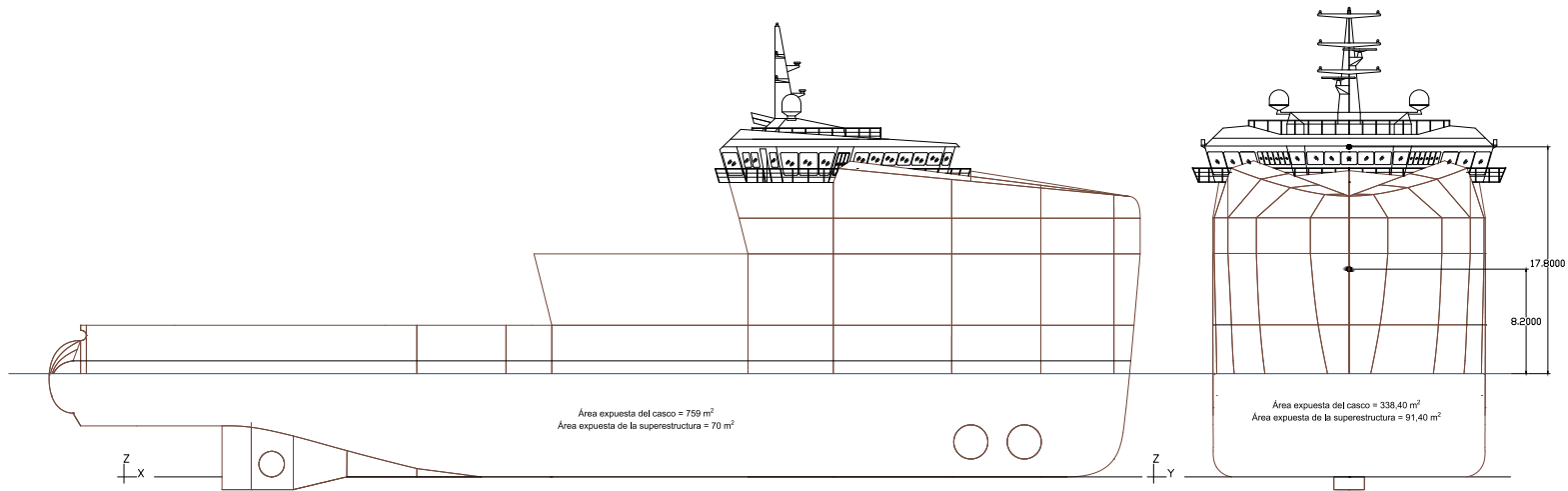
CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES

ESLORA TOTAL _____ 85,68 m.
 ESLORA ENTRE PERPENDICULARES _____ 79,00 m.
 MANGA DE TRAZADO _____ 21,40 m.
 PUNTAL A LA CUB. PRINCIPAL _____ 9,10 m.
 CALADO DE DISEÑO _____ 8,19 m.

PROYECTO: ANCHOR HANDLING TUG SUPPLY VESSEL

C6. Plano de formas del codaste.

Autor: Raúl Fernández Garda		Universidade da Coruña
Tutor: Marcos Míguez González		Escola Politécnica Superior
Plano I	Escala 1:15	Trabajo Fin de Grado. 2022-GENO-3



PROYECTO: ANCHOR HANDLING TUG SUPPLY VESSEL

CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES

ESLORA TOTAL _____ 85,68 m.
 ESLORA ENTRE PERPENDICULARES _____ 79,00 m.
 MANGA DE TRAZADO _____ 21,40 m.
 PUNTAL A LA CUB. PRINCIPAL _____ 9,10 m.
 CALADO DE DISEÑO _____ 8,19 m.

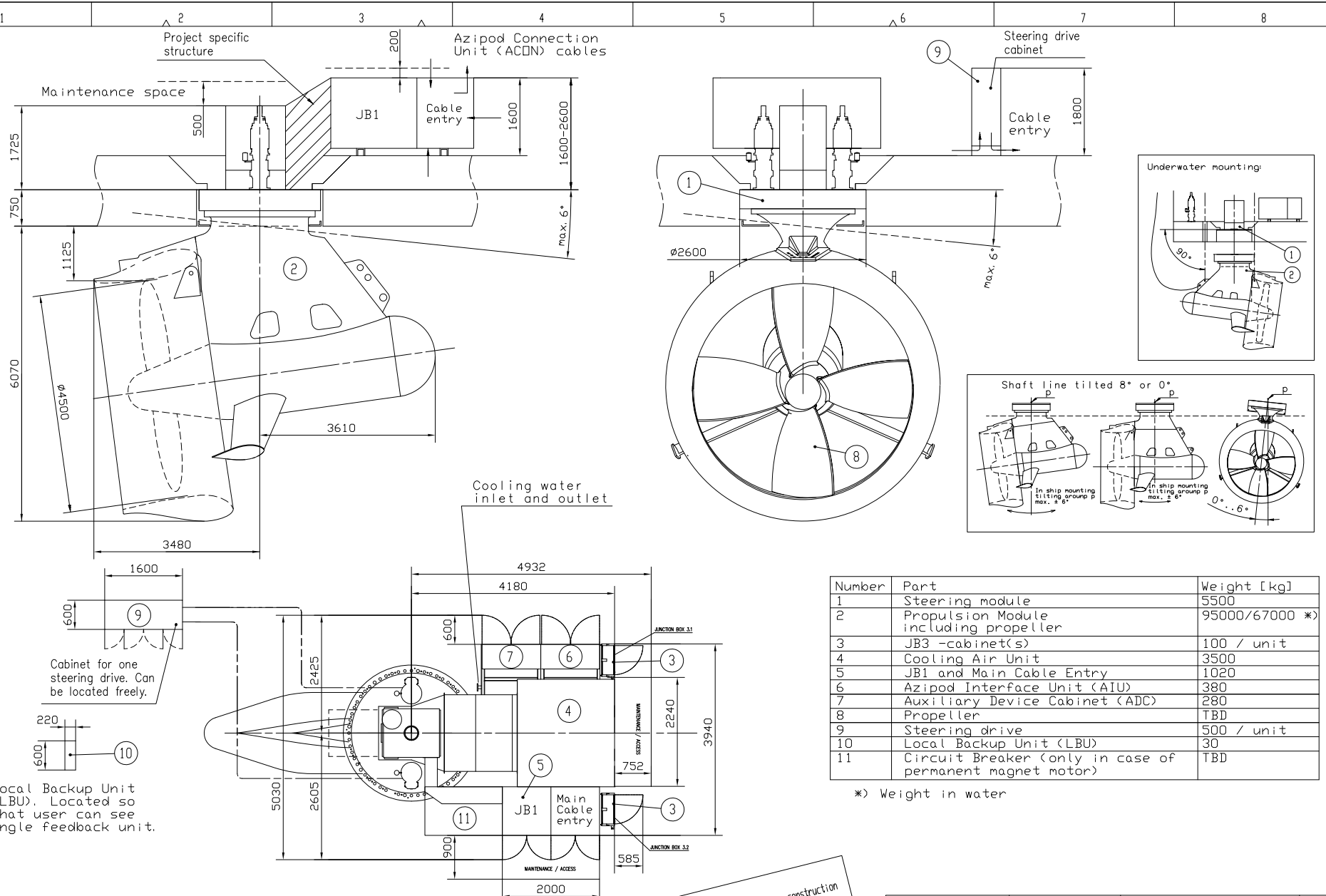
C6. Justificación de la superficie frontal y lateral. Navcad.

Autor: Raúl Fernández Garda		Universidade da Coruña
Tutor: Marcos Míguez González		Escola Politécnica Superior
Plano I	Escala 1:15	Trabajo Fin de Grado, 2022-GENO-3

We reserve all rights in this document and in the information contained herein. This document and its contents are not to be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording, or by any information storage and retrieval system, without the prior written permission of ABB Power and Automation.

Symbols for roughness according to ISO 1302. RMA 421

General tolerance for linear and angular dimensions and general tolerance for surface texture according to ISO 1101. RMA 421. DIN 15213-1. DIN 15213-2.



Number	Part	Weight [kg]
1	Steering module	5500
2	Propulsion Module including propeller	95000/67000 *)
3	JB3 -cabinet(s)	100 / unit
4	Cooling Air Unit	3500
5	JB1 and Main Cable Entry	1020
6	Azipod Interface Unit (AIU)	380
7	Auxiliary Device Cabinet (ADC)	280
8	Propeller	TBD
9	Steering drive	500 / unit
10	Local Backup Unit (LBU)	30
11	Circuit Breaker (only in case of permanent magnet motor)	TBD

*) Weight in water

Note! Design not to be mirrored to PS/STB. Location of Azipod Interface Unit and Auxiliary Device Cabinet can be located freely inside the Azipod room. Cabling between cabinets is part of shipyard's scope. Presented layout is a suggestion.

PRELIMINARY
 Typical, not to be used for construction
 Mounting dimensions certified
 ABB Marine

Prepared 2014-10-28 Lahtinen, Lasse	Separate part list with separate No. <input type="checkbox"/>	Title MAIN DIMENSIONS	Scale 1:50
Reviewed	Responsible department		 Language EN
Approved	Original dep.		
Distribution	Functional code	Order No.	Weight 0.000
		Document No. 3AFV3328643	Type AZIPOD DZ1600-R2300 Mounting Size A2 Revision Sheet B

MAN

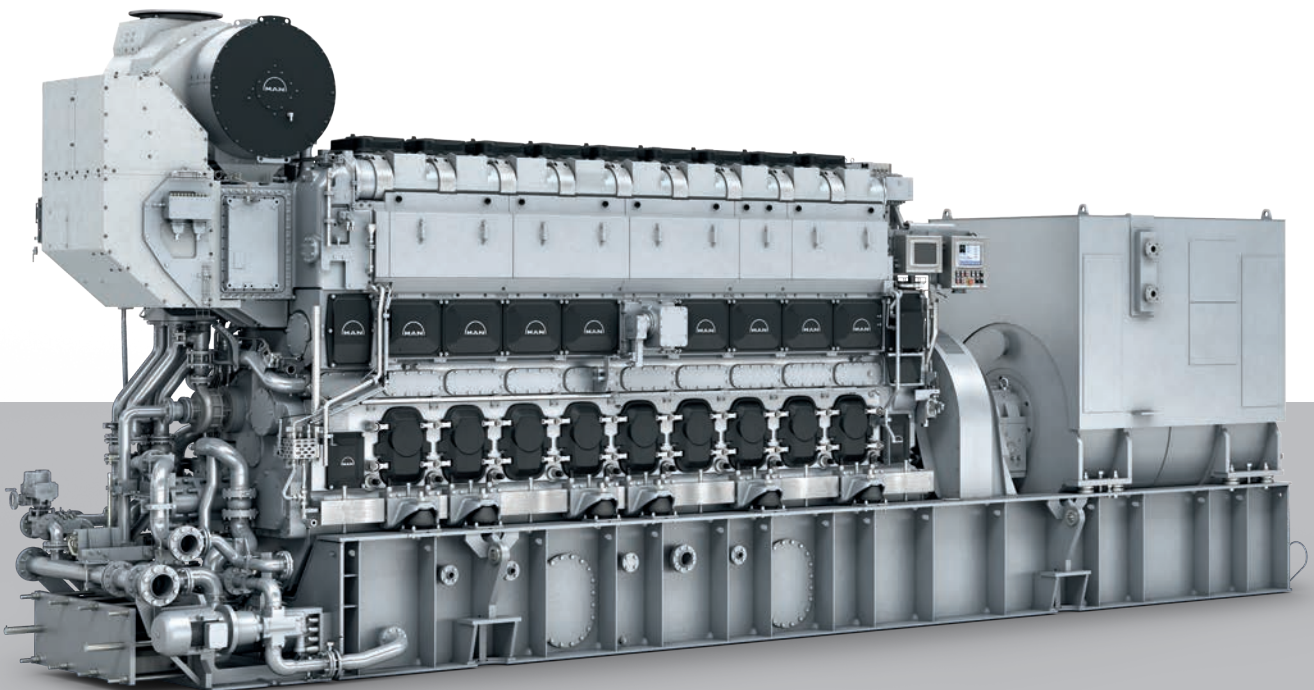
L32/44CR

GenSet

The MAN 32/44CR engine represents the newest technologies in the area of medium speed marine diesel engines. By using electronic injection, high efficiency turbochargers, electronic hardware, and variable valve timing the MAN 32/44CR is a synthesis of the most advanced large engine technologies available.

Benefits at a glance

- High efficiency
- High specific power output
- Low emissions
- Low operating and life cycle costs
- Long maintenance intervals and service life
- High reliability

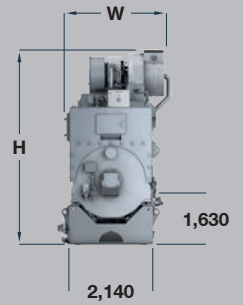


MAN L32/44CR

GenSet

Dimensions

Cyl. No.		6	7	8	9	10
L	mm	10,738	11,268	11,798	12,328	12,858
L ₁	mm	10,150	10,693	11,236	11,779	12,309
W	mm	2,490	2,490	2,573	2,573	2,573
H	mm	4,768	4,768	4,955	4,955	4,955
Dry mass	t	71	78	84	91	97



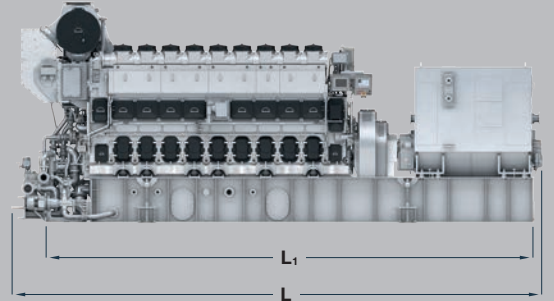
Output

Speed	rpm	750	750	720	720
Frequency	Hz	50	50	60	60
		Eng.	Gen.*	Eng.	Gen.*
MAN 6L32/44CR	kW	3,600	3,474	3,600	3,474
MAN 7L32/44CR**	kW	4,060	3,918	4,060	3,918
MAN 8L32/44CR	kW	4,800	4,632	4,800	4,632
MAN 9L32/44CR	kW	5,400	5,211	5,400	5,211
MAN 10L32/44CR	kW	6,000	5,790	6,000	5,790

*Based on nominal generator efficiencies of 96.5 %

**580 kW/cyl

Last updated July 2018



General

- Engine cycle: four-stroke
- No. of cylinders: 6, 7, 8, 9, 10
- Bore: 320 mm – Stroke: 440 mm
- Swept volume per cyl: 35.4 dm³

Fuel consumption at 85 % MCR*

- SFOC: 172 g/kWh
- SFOC: 173 g/kWh, 580 kW (7 cyl.)

Cylinder output (MCR)

- At 750/720 rpm: 600 kW
- At 750/720 rpm: 580 kW (7 cyl.)
- Power-to-weight ratio: 16.2 – 19.7 kg/kW

Compliance with emission regulations*

- IMO Tier II
- IMO Tier III (with MAN SCR)
- EPA Tier 2

Main features

Turbocharging system

- High efficiency constant pressure MAN TCR series exhaust turbo-charging system

Engine automation and control

- MAN in-house developed engine attached safety and control system MAN SaCoS_{one}

Fuel system

- Advanced electronic common rail injection system

Lube oil system

- Attached lube oil automatic filter

Cooling system

- 2-string high and low temperature cooling water systems

Starting system

- Pressurized air starter (turbine type)

Engine mounting

- Direct resilient mounting of the engine on the foundation frame (cone elements)

Optional equipment

- MAN ECOMAP concept – using different IMO Tier II compliant injection maps to improve fuel economy
- Frame auxiliary box (FAB) attached at engine free end available

MCR = Maximum continuous rating
 SCR = Selective catalytic reduction
 SFOC = Specific fuel oil consumption
 * According to IMO E2 test cycle

MAN Energy Solutions
 86224 Augsburg, Germany
 P + 49 821 322-0
 F + 49 821 322-3382
 info@man-es.com
 www.man-es.com