



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



Escola Politécnica Superior

**Trabajo Fin de Grado**  
**CURSO 2020/2021**

---

*PETROLERO (TANQUE CRUDOS) 250000 TPM*

*GENO-2020-02*

---

**Grado en Ingeniería Naval y Oceánica**

**ALUMNA/O**

Minerva Rivas Cabanas

**TUTORAS/ES**

Raúl Villa Caro

**FECHA**

JUNIO 2021

## 1 TÍTULO Y RESUMEN

### 1.1 Castellano

El buque que se proyectará en este trabajo es uno para el transporte de un gran volumen de crudo, un petrolero de crudo VLCC, cuya característica principal es su capacidad de carga máxima de 275000 toneladas de peso muerto, según la RPA. En estos cuadernos se recoge el proceso completo de diseño, construcción y evaluación económica desarrollado para la obtención de dicho buque.

### 1.2 Galego

O buque que se proxecta neste traballo é un para o transporte dun gran volume de crudo, un petroleiro de crudo VLCC, cuxa característica principal é a súa capacidade de carga máxima, dada pola RPA, 275000 toneladas de peso morto. Nestes cadernos recóllese o proceso completo de diseño, construción e avaliación económica desenrolado para a obtención de dito buque.

### 1.3 English

The ship that will be projected in this work is one for the transport of a large volume of crude, a very large crude oil tanker (VLCC), whose main characteristic is its maximum load capacity of 275,000 deadweight tons, according to the PAR. These notebooks collect the complete process of design, construction and economic evaluation developed to obtain the mentioned ship.



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



Escola Politécnica Superior

**TRABAJO FIN DE GRADO  
CURSO 2020/2021**

---

*PETROLERO (TANQUE CRUDOS) 250000 TPM*

---

**Grado en Ingeniería Naval y Oceánica**

**Cuaderno 6:**

**PREDICCIÓN DE POTENCIA Y DISEÑO DEL PROPULSOR Y TIMÓN**



**SIMULTANEIDAD DE GRADO EN INGENIERÍA NAVAL Y OCEÁNICA E  
INGENIERÍA MECÁNICA**

**TRABAJO FIN DE GRADO**

*CURSO 2020-2021*

**PROYECTO NÚMERO**

**TIPO DE BUQUE:** Petrolero (tanque de crudos)

**CLASIFICACIÓN, COTA Y REGLAMENTOS DE APLICACIÓN:** DNV, SOLAS, MARPOL

**CARACTERÍSTICAS DE LA CARGA:** 275000 toneladas de peso muerto

**VELOCIDAD Y AUTONOMÍA:** 15.5 nudos en condiciones de servicio. 20000 millas a velocidad de servicio.

**SISTEMAS Y EQUIPOS DE CARGA / DESCARGA:** Bombas para carga y descarga de tanques.

**PROPULSIÓN:** Motor diésel acoplado a una hélice de paso fijo.

**TRIPULACIÓN Y PASAJE:** 36 personas distribuidas en camarotes individuales y dobles.

**OTROS EQUIPOS E INSTALACIONES:** Los habituales en este tipo de buques.

Ferrol, 04 de Octubre de 2020

ALUMNO/A: **D<sup>a</sup> Minerva Rivas Cabanas**

## CONTENIDO

1 Título y Resumen.....	
1.1 Castellano.....	
1.2 Galego.....	
1.3 English.....	
Contenido .....	1
2 Introducción .....	2
3 Estimación de la potencia propulsora.....	5
3.1 Cálculo de la resistencia al avance .....	5
3.1.1 Resistencia de formas .....	6
3.1.2 Resistencia de apéndices .....	7
3.1.3 Resistencia aerodinámica.....	8
3.2 Cálculo de la potencia propulsora .....	10
4 Elección del motor .....	12
5 Diseño del propulsor .....	14
5.1 Propulsor con 4 palas .....	14
5.2 Propulsor con 5 palas .....	15
5.3 Propulsor con 6 palas .....	16
5.4 Claras de codaste.....	17
6 Diseño del timón .....	19
6.1 Tipo de timón .....	19
6.2 Cálculo de la fuerza sobre el timón .....	20
6.3 Cálculo del par torsor.....	23
6.3.1 Cálculo par torsor timones semi suspendidos.....	24
6.4 Comprobación claras de codaste.....	27
6.5 Cálculo del servomotor .....	27
7 Bibliografía.....	29
8 Anexo i: Resistencia al avance .....	30
9 Anexo II: Potencia propulsora .....	31
10 Anexo III: informe HÉLICE Z=4 .....	32
11 Anexo IV: informe HÉLICE Z=5.....	33
12 Anexo V: informe HÉLICE Z=6.....	34
13 Anexo VI: PLANO CONTORNO DE POPA.....	35
14 Anexo VII: PLANO TIMÓN .....	36

## 2 INTRODUCCIÓN

El objetivo de este cuaderno es estimar la potencia necesaria en el buque a proyectar de la forma más ajustada posible.

La potencia propulsora ha de cumplir con las exigencias definidas por la RPA. Así, la planta propulsora del buque está provista de un motor diésel lento directamente acoplado, el cual debe desarrollar una potencia para que el buque sea capaz de alcanzar la velocidad de servicio de 15.5 nudos, a plena carga y con el motor al 85% de la potencia máxima continua con un margen de mar del 15%.

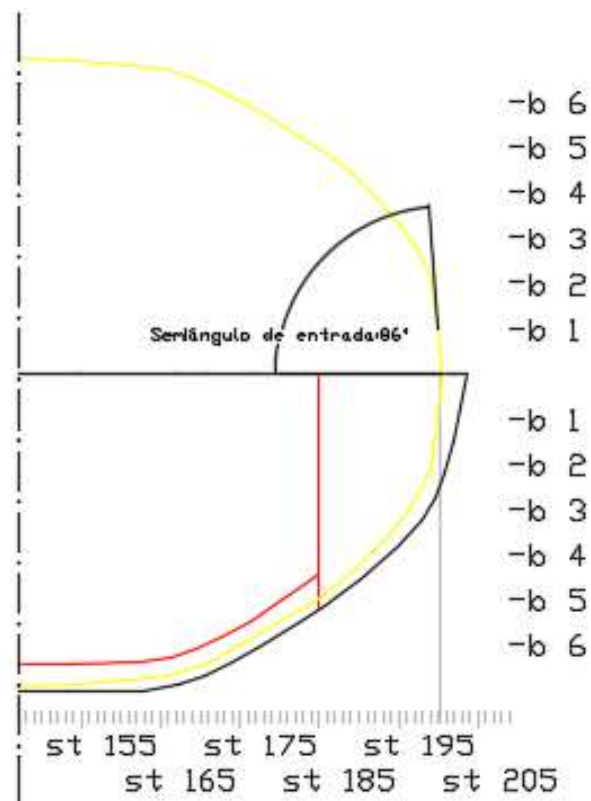
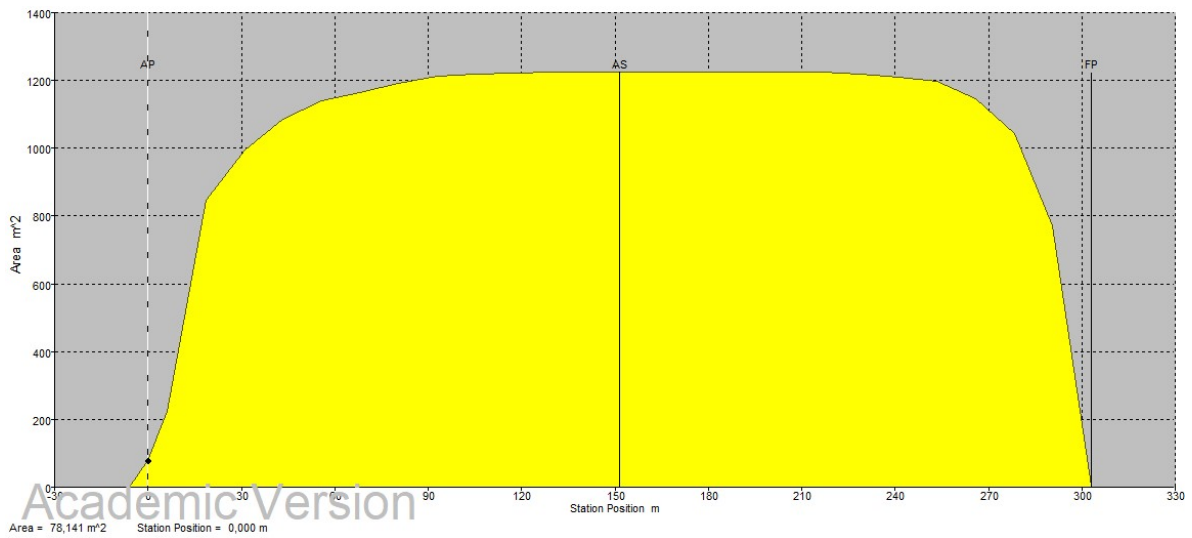
Después de la estimación de potencia se selecciona el motor, analizando las distintas alternativas y concluyendo con la elección y diseño de este.

En este cuaderno, es también donde se lleva a cabo el diseño del timón a instalar y la definición del codaste.

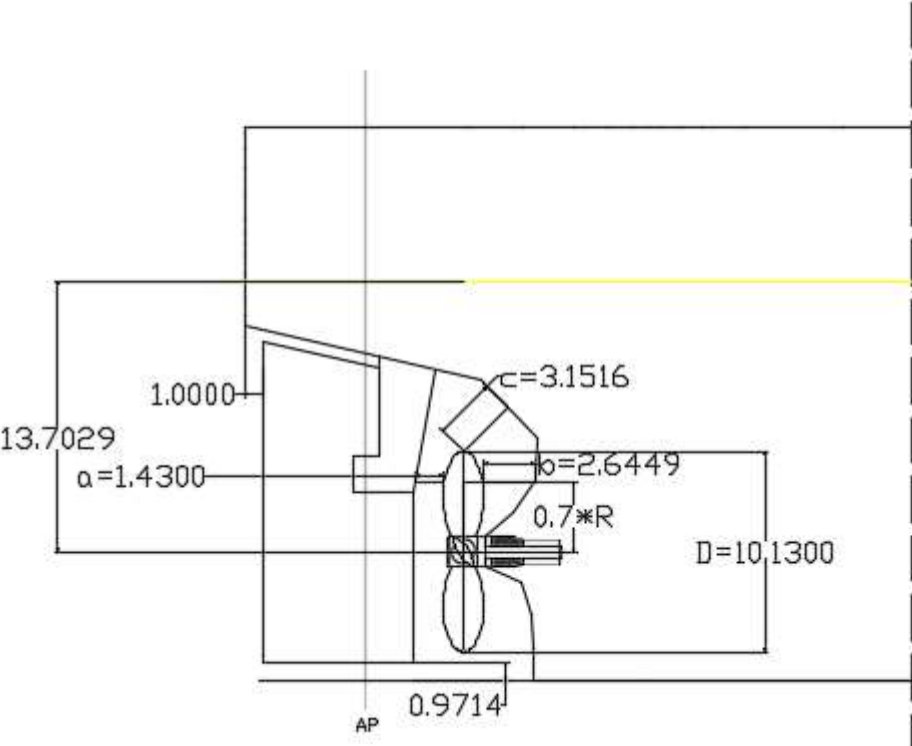
Para poder desarrollar el trabajo previamente especificado es necesario la presentación de las hidrostáticas del buque al calado de diseño, obtenidas como resultado del cuaderno III anteriormente elaborado.

<i>Desplazamiento (t)</i>	<b>339242</b>
<i>Volumen desplazado (m<sup>3</sup>)</i>	<b>330967.5</b>
<i>Puntal (m)</i>	<b>29.4</b>
<i>Calado (m)</i>	<b>21.9</b>
<i>Eslora flotación (m)</i>	<b>309.058</b>
<i>Manga (m)</i>	<b>56.5</b>
<i>Área mojada (m<sup>2</sup>)</i>	<b>27623.151</b>
<i>Área maestra max. (m<sup>2</sup>)</i>	<b>1223.996</b>
<i>Waterplane Área(m<sup>2</sup>)</i>	<b>16302.602</b>
<i>C<sub>p</sub></i>	<b>0.875</b>
<i>C<sub>b</sub></i>	<b>0.865</b>
<i>C<sub>m</sub></i>	<b>0.989</b>
<i>C<sub>wp</sub></i>	<b>0.934</b>
<i>LCB (m)</i>	<b>154.311</b>
<i>LCF (m)</i>	<b>150.08</b>
<i>LCB (%)</i>	<b>49.929</b>
<i>LCF (%)</i>	<b>48.56</b>
<i>KB (m)</i>	<b>11.387</b>
<i>KG fluid (m)</i>	<b>0.000</b>
<i>BMt (m)</i>	<b>12.320</b>
<i>BML (m)</i>	<b>347.268</b>
<i>GMt (m) corrected</i>	<b>23.708</b>
<i>GML (m)</i>	<b>358.655</b>

<i>KMt (m)</i>	<b>23.708</b>
<i>KML (m)</i>	<b>358.655</b>
<i>Immersion (TPc) (t/cm)</i>	<b>167.102</b>
<i>MTc (t*m)</i>	<b>4016.889</b>
<i>RM a 1° = GMt disp. Sin (1) (t*m)</i>	<b>140362.317</b>
<i>L/B Ratio</i>	<b>5.47</b>
<i>B/T Ratio</i>	<b>2.579</b>
<i>L/(Vol.^0.333) Ratio</i>	<b>4.468</b>



También, para la definición del codaste es necesario tener en cuenta los huelgos mínimos de la hélice mostrados a continuación y obtenidos del desarrollo del cuaderno III.





### 3 ESTIMACIÓN DE LA POTENCIA PROPULSORA

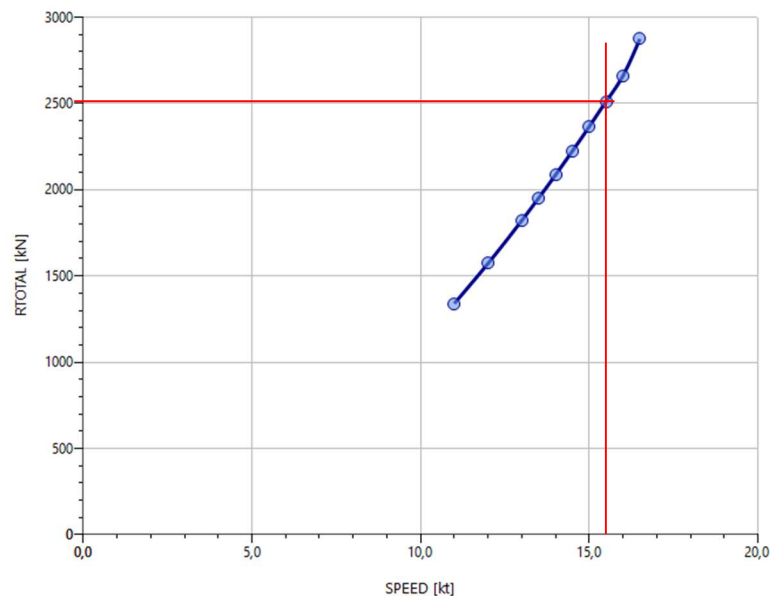
Mediante el uso de los datos anteriormente mostrados se puede realizar la predicción de potencia a partir de diferentes métodos; en el caso a tratar, se emplea el método Andersen, por ser este un método muy efectivo y apropiado para buques de gran envergadura como el petrolero proyectado en este trabajo. Para todo ello, se utiliza el software ya conocido, "NavCad".

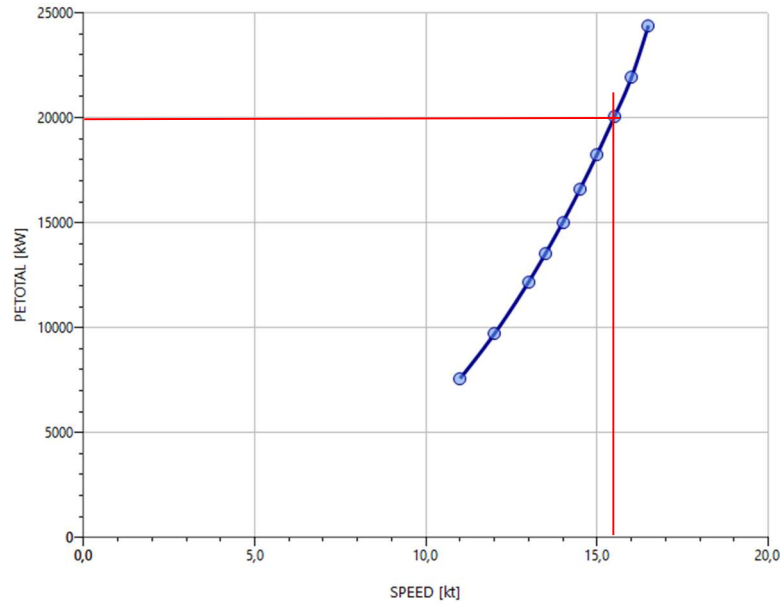
#### 3.1 Cálculo de la resistencia al avance

Para poder predecir la potencia utilizando el método de Andersen, primero se debe comprobar que el buque diseñado cumple los límites aceptables establecidos por esta metodología.

	MÍNIMO	MÁXIMO	BUQUE	CUMPLE
$F_n$	0.05	0.33	<b>0.14</b>	<b>SÍ</b>
$L/(Vol^{0.333})$	4.00	6.00	<b>4.47</b>	<b>SÍ</b>
$C_b$	0.55	0.85	<b>0.86</b>	<b>SÍ</b>
$Lwl/Bwl$	5.00	8.00	<b>5.47</b>	<b>SÍ</b>

Como resultado de la introducción en "NavCad" de los datos anteriormente expuestos, en modo "Resistencia", se obtiene el valor de la resistencia total al avance (RTOTAL) y de potencia efectiva requerida (PETOTAL).





SPEED [kt]	RESISTANCE							
	RBARE [kN]	RAPP [kN]	RWIND [kN]	RSEAS [kN]	RCHAN [kN]	RTOWED [kN]	RMARGIN [kN]	RTOTAL [kN]
11,00	1135,69	10,10	19,95	0,00	0,00	0,00	174,86	1340,61
12,00	1332,29	11,87	23,75	0,00	0,00	0,00	205,19	1573,09
13,00	1542,61	13,76	27,87	0,00	0,00	0,00	237,64	1821,88
13,50	1652,80	14,76	30,06	0,00	0,00	0,00	254,64	1952,26
14,00	1766,28	15,79	32,32	0,00	0,00	0,00	272,16	2086,55
14,50	1883,00	16,85	34,67	0,00	0,00	0,00	290,18	2224,70
15,00	2002,91	17,94	37,11	0,00	0,00	0,00	308,69	2366,65
+ 15,50 +	2125,95	19,06	39,62	0,00	0,00	0,00	327,69	2512,32
16,00	2252,05	20,21	42,22	0,00	0,00	0,00	347,17	2661,65
16,50	2433,09	21,39	44,90	0,00	0,00	0,00	374,91	2874,28

La resistencia total del avance está compuesta por distintas partidas cuyos valores en el caso a tratar son los siguientes:

### 3.1.1 Resistencia de formas

La resistencia de formas es aquella que presenta la obra viva del casco debido al hecho de estar esta sumergida en un fluido. En el caso a tratar y según la tabla anteriormente expuesta,

$$R_{formas} = R_{bare} = 2125.95 \text{ kN}$$

El valor obtenido de esta resistencia es debido a las propias dimensiones del buque introducidas en el programa de NavCad mostradas a continuación,

<b>Hull</b>		
Configuration:	Monohull	
Chine type:	Round/multiple	
<b>General</b>		
Length on WL:	309,000	m
Max beam on WL:	56,500	m
Max molded draft:	21,970	m
Displacement:	339242,00	t
Wetted surface:	27623,151	m <sup>2</sup>
Demi-hull spacing:		m
<b>ITTC-78 (CT)</b>		
LCB fwd TR:	154,311	m
LCF fwd TR:	150,080	m
Max section area:	1223,996	m <sup>2</sup>
Waterplane area:	16302,609	m <sup>2</sup>
Bulb section area:	0,000	m <sup>2</sup>
Bulb ctr below WL:	0,000	m
Bulb nose fwd TR:	0,000	m
Imm transom area:	6,480	m <sup>2</sup>
Transom beam WL:	2,400	m
Transom immersion:	2,700	m
Half entrance angle:	86,00	deg
Bow shape factor:	1,0	[WL flow]
Stern shape factor:	1,0	[WL flow]

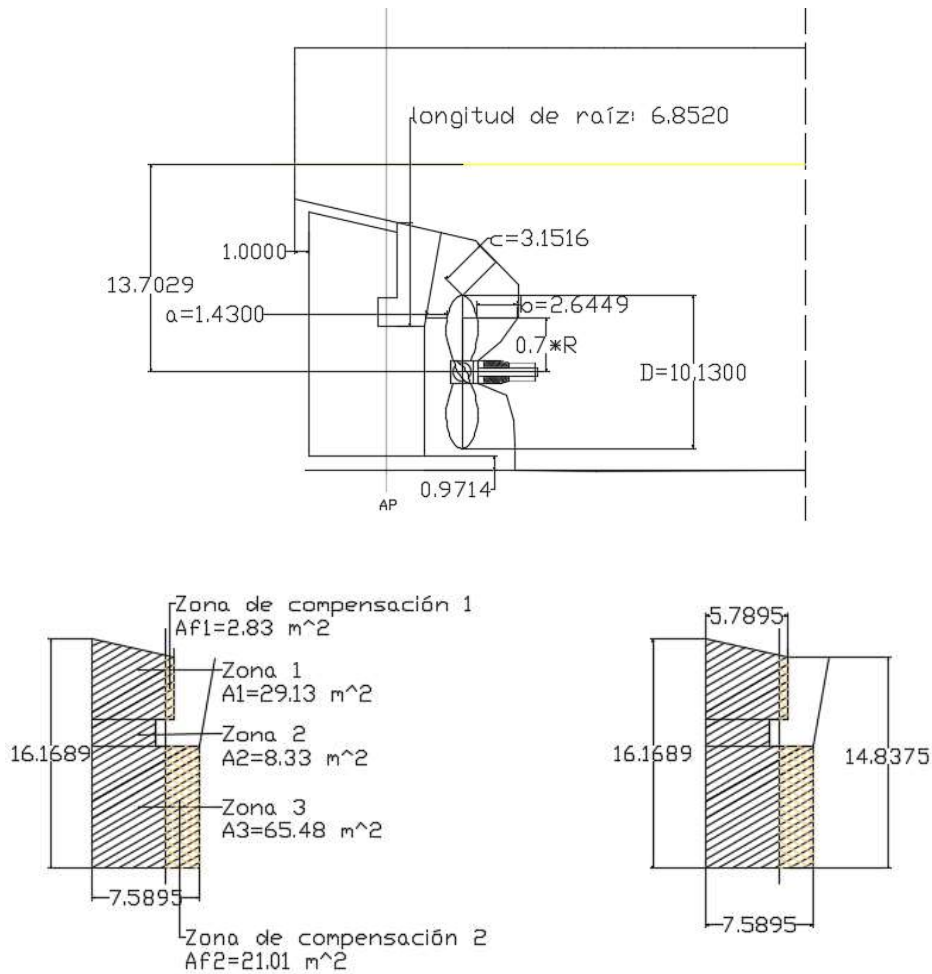
### 3.1.2 Resistencia de apéndices

La resistencia de apéndices es la que se ejerce por la existencia de elementos que no forman parte de la carena del buque propiamente dicha; en el caso a tratar son el timón y el eje y su resistencia,

$$R_{apéndices} = R_{app} = 19.06 \text{ kN}$$

A continuación, se muestran unas tablas con los valores considerados para dicho cálculo,

<b>Shafting</b>		
Count:	1	
Max prop diameter:	10130,0	mm
<b>Rudder</b>		
Count:	1	
Rudder location:	Behind propeller	
Type:	Balanced foil	
Root chord:	6,900	m
Tip chord:	3,850	m
Span:	14,400	m
T/C ratio:	0,150	
LE sweep:	5,00	deg
Projected area:	77,400	m <sup>2</sup>
Wetted surface:	157,112	m <sup>2</sup>



Para el cálculo de la resistencia de apéndices a diferencia con el anterior, se ha usado el método de Holtrop ya que su condición para este fin es tan solo  $0.01 < Fn < 0.85$ .

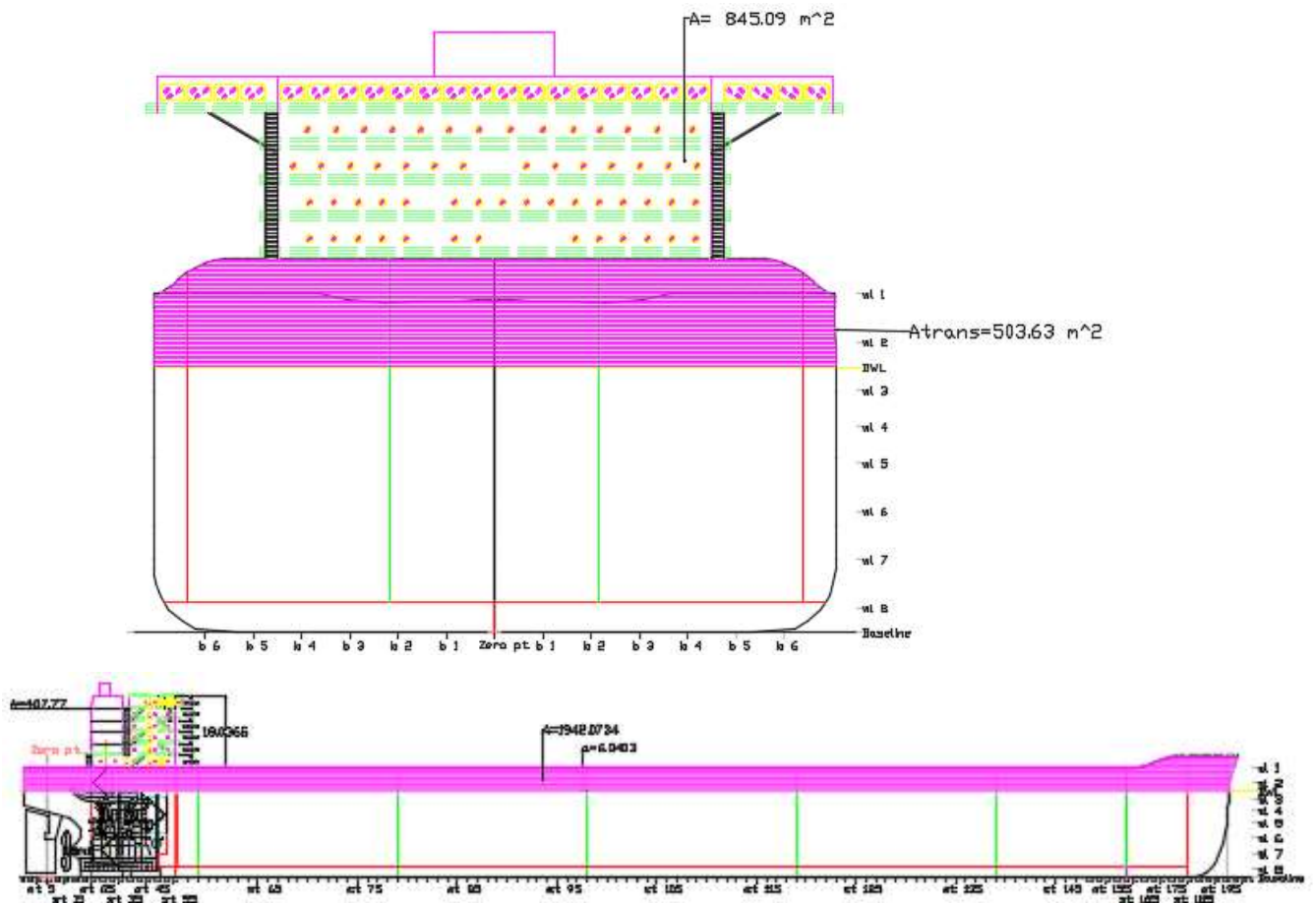
### 3.1.3 Resistencia aerodinámica

La resistencia aerodinámica es la ejercida sobre la obra muerta y superestructura del buque. Su valor en el caso tratado es de,

$$R_{aerodinámica} = R_{wind} = 39.62 \text{ kN}$$

A modo de justificación de los resultados obtenidos en la resistencia debido al viento, se adjuntan tablas y croquis de las dimensiones consideradas,

Wind		
Wind speed:	0,00	kt
Angle off bow:	0,00	deg
Gradient correction:	Off	
Exposed hull		
Transverse area:	509,630	m <sup>2</sup>
VCE above WL:	26,480	m
Profile area:	2787,180	m <sup>2</sup>
Superstructure		
Superstructure shape:	Tanker/Bulker	
Transverse area:	845,090	m <sup>2</sup>
VCE above WL:	42,090	m
Profile area:	467,771	m <sup>2</sup>
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



La suma de estas tres partidas resulta en la resistencia total al avance del buque proyectado. En la tabla anterior, se puede observar que la resistencia al avance para la velocidad de servicio (15.5 nudos) es de:

$$Ravance = 2512.32 \text{ kN}$$

Y, entonces, se requiere de una potencia efectiva para vencerla de:

$$P_{total} = 20032.9 \text{ kW}$$

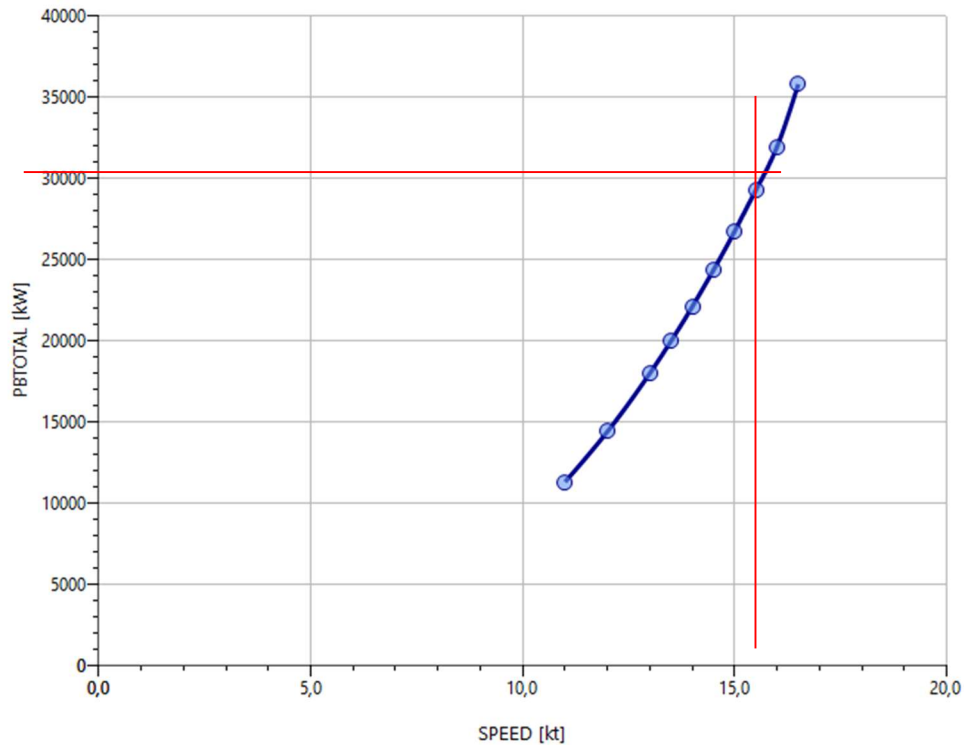
El report completo de este cálculo se adjunta como Anexo.

### 3.2 Cálculo de la potencia propulsora

En este apartado, el programa “NavCad” es utilizado en el modo “propulsión” para así obtener la potencia necesaria (PBtotal) para unas determinadas RPM, además de la geometría del propulsor optimizado a instalar.

En el valor de PBtotal obtenido como resultado de la ejecución del programa es hallado por un dimensionamiento por empuje en el que está incluido el 15% de margen de mar, pero es necesario aplicarle régimen del motor (85% según la RPA) y así se obtiene la potencia final necesaria del motor a instalar.

Se estima que para un propulsor de 6 palas:



SPEED [kt]	POWER DELIVERY							TRANSP
	RPMPROP [RPM]	QPROP [kN-m]	QENG [kN-m]	PDPROP [kW]	PSPROP [kW]	PSTOTAL [kW]	PBTOTAL [kW]	
11,00	47	2266,22	2266,22	10997,0	11337,1	11337,1	11337,1	---
12,00	51	2660,73	2660,73	14001,0	14434,0	14434,0	14434,0	---
13,00	55	3083,21	3083,21	17477,5	18018,0	18018,0	18018,0	---
13,50	57	3304,72	3304,72	19401,2	20001,3	20001,3	20001,3	---
14,00	59	3532,96	3532,96	21452,9	22116,4	22116,4	22116,4	---
14,50	61	3767,82	3767,82	23635,3	24366,3	24366,3	24366,3	---
15,00	63	4009,22	4009,22	25951,4	26754,0	26754,0	26754,0	959,6
+ 15,50 +	65	4257,04	4257,04	28403,7	29282,2	29282,2	29282,2	905,9
16,00	67	4511,18	4511,18	30994,8	31953,4	31953,4	31953,4	857,0
16,50	69	4868,43	4868,43	34718,7	35792,4	35792,4	35792,4	789,0

$$BKW = 29282.2 \text{ kW} = 39268.07 \text{ CV}$$

Como ya ha sido mencionado, a este valor se le aplica el 85% del régimen del motor además de incluir en ello un generador de cola (buque de referencia) un unos 1540 kW:

$$Potencia \ motor = \frac{BKW + PTO}{\eta} = \frac{29282.2 + 1540}{0.85} = 36261.41 \text{ kW}$$

En la tabla anterior también se puede observar que las revoluciones óptimas a las que debe trabajar la hélice diseñada a la velocidad de servicio son de:

$$RPM = 65$$

El report correspondiente a este apartado se adjunta como Anexo al final del documento.

## 4 ELECCIÓN DEL MOTOR

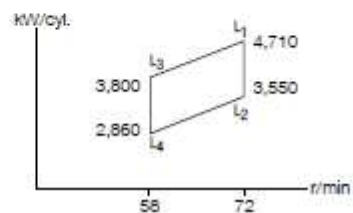
Tras la deducción de la potencia demandada por el buque proyectado, así como las revoluciones óptimas de funcionamiento a las que el propulsor debe operar para lograr trabajar a la velocidad de servicio aplicando el 15% de margen de mar y al 85% del régimen del motor, se procede a escoger de entre los variados catálogos existentes, un motor cuyas características se adapten a las previamente descritas.

En el caso actual se selecciona un motor de la compañía MAN, el:

### MAN B&W G80ME-C10.5

Tier II

Cyl.	L <sub>1</sub> kW	Stroke: 3,720 mm/L <sub>1</sub> MEP: 21.0 bar
6	28,260	
7	32,970	
8	37,680	
9	42,390	



Se elige un motor tipo MAN B&W G80ME-C10.5- Tier II con 8 cilindros que trabaje a un régimen de 72 rpm y a una presión de 21 bar.

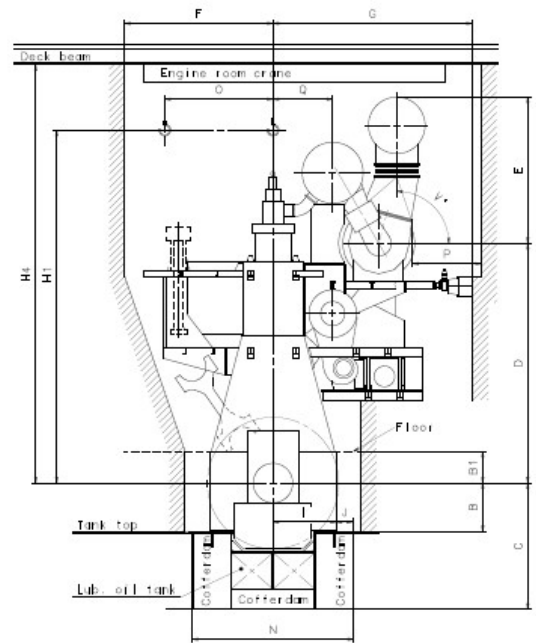
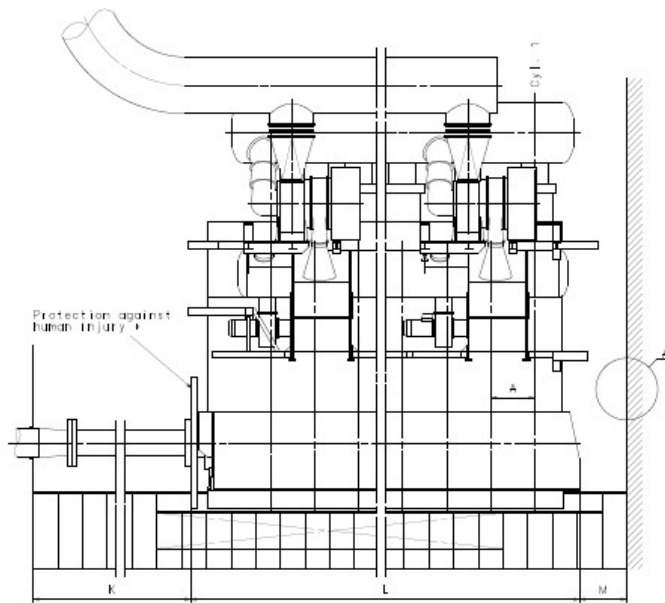
MAN B&W G80ME-C10.5- Fuel oil- T II	
RPM	72
BKW	37680
CILINDROS	8
P (bar)	21
BHP	50526.70

Según el fabricante, las dimensiones del motor a instalar son las siguientes:



PETROLERO DE CRUDO 25000 TPM/ CUADERNO VI  
MINERVA RIVAS CABANAS

Cyl. No.	6	7	8	9	
A	1400				Cylinder distance. See drawing 'Outline drawing'
B	2010				Distance from crankshaft centre line to foundation. See drawing 'Engine seating'
C	4685	4730	4795	4860	The dimension includes a cofferdam of 600 mm and must fulfil minimum height to tank top according to classification rules. See drawing 'Lub. oil bottom tank'
D*	10080	10080	10080	10080	MAN Diesel TCA
	9665	9665	9665	9767	ABB A100-L/A200-L
	-	9795	9795	10040	Mitsubishi MET
E*	See text				Height of exhaust pipe is according to engine room design.
F	See text				See drawing: 'Engine Top Bracing', if top bracing fitted on crankshaft side
G	6275	6075	6075	6275	MAN Diesel TCA
	5875	5875	5875	6075	ABB A100-L/A200-L
	-	6075	6075	6375	Mitsubishi MET
H1*	16100				Minimum overhaul height, normal lifting procedure. See drawing 'Engine room crane'
H4*	15825				Minimum overhaul height, normal lifting procedure, with MAN B&W Double Jib Crane. See drawing 'Engine room crane'
I	2650				Length from crankshaft centre line to outer side bedplate. See drawing 'Engine seating'
J	510				Space for tightening control of holding down bolts. See drawing 'Engine seating'
K	See text				K must longer than the propeller shaft, if the propeller shaft is to be drawn into the engine room
L*	12410	12629	15045	16445	Minimum length of a basic engine, without 2 <sup>nd</sup> order moment compensators. See drawing 'Outline drawing'
M	= 800				Free space in front of engine
N	6030				Distance between outer foundations girders. See drawing 'Engine seating'
O	3025				Minimum crane operation area. See drawing 'Outline drawing'
P	See text				See drawing 'Crane beam for Turbocharger' for overhaul of turbocharger
Q	See text				Recommended crane operation area. See drawing 'Outline drawing'
V	0°, 15°, 30°, 45°, 60°, 75°				Maximum 30° when engine room has minimum headroom above the turbocharger



Así, se comprueba que la cámara de máquinas de la que se dispone en el buque a diseñar presenta una capacidad suficiente como para dar cabida a dicho motor.

## 5 DISEÑO DEL PROPULSOR

La hélice de paso fijo se encuentra directamente acoplada al motor principal, por lo que ambos, motor y hélice giran a las mismas revoluciones.

En este apartado se pretende diseñar un propulsor optimizado el cual requiera de la menor potencia posible para servir al buque con la velocidad de servicio, en este caso de 15.5 nudos (según la RPA del proyecto).

Alcanzar dicho objetivo requiere la consideración de diversos factores como:

- Con un rendimiento optimizado se logra reducir el coste de construcción y de explotación del buque.
- Los fenómenos de cavitación son muy indeseados por lo que se deben evitar.
- El número de palas presentes en el propulsor diseñado influye notablemente en los, anteriormente mencionados, fenómenos de cavitación además de en las vibraciones generadas sobre el eje y en el motor.
- Los elementos del sistema propulsivos deben estar provistos de una resistencia estructural suficiente para evitar fracturas o posibles deformaciones.
- Se cumple que, a mayor diámetro, mayor rendimiento del propulsor; por lo que, el diámetro de este ha de ser el máximo posible.
- El diseño de la hélice se debe ejecutar de acuerdo con la reglamentación de las Sociedades de Clasificación, como el DNV, respecto a huelgos de hélice, timón, casco y línea de base.

Se emplea de nuevo el software “NavCad” para el cálculo de rendimiento de la hélice con diferente número de palas y la comprobación de cavitación. En buques con características similares a las del barco proyectado, las hélices con 3 palas es frecuente que caviten, es por ello que en este apartado se realizan los cálculos para propulsores provistos de 4, 5 y 6 palas.

### 5.1 Propulsor con 4 palas

Para la elección del punto de diseño se utilizan los siguientes parámetros,

Propeller sizing

To size			
Shaft RPM:	Size	74,2	RPM
Expanded area ratio:	Size	0,569	
Propeller diameter:	Size	10130,0	mm
Propeller mean pitch:	Size	6879,5	mm
Design condition [By power]			
Design speed:		15,50	kt
Reference power:		37680,0	kW
Design point:		0,850	
Reference RPM:		58,0	
Design point:		1,030	
Max prop diam:		10130,0	mm
Review			
Tip speed:		39,36	m/s

Se observa que el punto de diseño escogido es aquel que cubre las necesidades a 0.85 la potencia total requerida, además se valora que la velocidad en punta de pala sea tal que no provoque cavitación, se obtiene,

SPEED [kt]	EFFICIENCY		
	EFFO	EFFOA	MERIT
11,00	0,3215	0,6585	0,74926
12,00	0,3232	0,6621	0,74808
13,00	0,3249	0,6655	0,74697
13,50	0,3257	0,6671	0,74644
14,00	0,3265	0,6687	0,74591
14,50	0,3273	0,6703	0,7454
15,00	0,3280	0,6719	0,7449
+ 15,50 +	0,3288	0,6734	0,7444
16,00	0,3295	0,6749	0,74391
16,50	0,3275	0,6709	0,74521

SPEED [kt]	CAVITATION								
	SIGMAV	SIGMAN	SIGMA07R	TIPSPEED [m/s]	MINBAR	PRESS [kPa]	CAVAVG [%]	CAVMAX [%]	PITCHFC [mm]
11,00	114,24	5,83	1,19	27,99	0,387	39,69	2,0	2,0	5086,6
12,00	96,00	4,96	1,01	30,35	0,419	46,57	2,1	2,1	5091,7
13,00	81,80	4,27	0,87	32,70	0,454	53,94 !	2,6	2,6	5096,5
13,50	75,85	3,99	0,82	33,86	0,472	57,80 !!	2,8	2,8	5098,8
14,00	70,53	3,73	0,76	35,02	0,491	61,78 !!	3,1	3,1	5101,0
14,50	65,75	3,49	0,71	36,18	0,510	65,87 !!	3,5	3,5	5103,3
15,00	61,44	3,28	0,67	37,33	0,530	70,07 !!	3,8	3,8	5105,4
+ 15,50 +	57,54	3,09	0,63	38,48	0,550	74,38 !!	4,2	4,2	5107,6
16,00	54,00	2,91	0,60	39,63	0,571	78,80 !!	4,6	4,6	5109,7
16,50	50,78	2,70	0,55	41,13	0,600	85,10 !!	5,3	5,3	5104,1

En las tablas anteriores obtenidas como resultado de los cálculos realizados, se observa un rendimiento para la hélice de 4 palas de 0.6734 y una cavitación para la misma del 4.2%.

## 5.2 Propulsor con 5 palas

El punto de diseño valorado,

Propeller sizing

<b>To size</b>			
Shaft RPM:	Size	70,6	RPM
Expanded area ratio:	Size	0,617	
Propeller diameter:	Size	10130,0	mm
Propeller mean pitch:	Size	7236,2	mm
<b>Design condition [By power]</b>			
Design speed:		15,50	kt
Reference power:		37680,0	kW
Design point:		0,850	
Reference RPM:		58,0	
Design point:		1,030	
Max prop diam:		10130,0	mm
<b>Review</b>			
Tip speed:		37,43	m/s

Al igual que con la prueba de 4 palas, se observa que el punto de diseño escogido es aquel que cubre las necesidades a 0.85 la potencia total requerida, además se valora que la velocidad en punta de pala sea tal que no provoque cavitación, se obtiene,

SPEED [kt]	EFFICIENCY		
	EFFO	EFFOA	MERIT
11,00	0,3257	0,6672	0,75915
12,00	0,3275	0,6708	0,75792
13,00	0,3292	0,6742	0,75676
13,50	0,3300	0,6759	0,7562
14,00	0,3308	0,6775	0,75565
14,50	0,3315	0,6791	0,75512
15,00	0,3323	0,6806	0,75459
+ 15,50 +	0,3330	0,6821	0,75407
16,00	0,3338	0,6836	0,75356
16,50	0,3318	0,6796	0,75492

SPEED [kt]	CAVITATION								
	SIGMAV	SIGMAN	SIGMA07R	TIPSPEED [m/s]	MINBAR	PRESS [kPa]	CAVAVG [%]	CAVMAX [%]	PITCHFC [mm]
11,00	114,24	6,50	1,33	26,51	0,409	36,59	2,0	2,0	5371,2
12,00	96,00	5,53	1,13	28,74	0,445	42,94	2,0	2,0	5376,6
13,00	81,80	4,77	0,97	30,96	0,484	49,73	2,4	2,4	5381,6
13,50	75,85	4,44	0,91	32,07	0,505	53,29 !	2,6	2,6	5384,1
14,00	70,53	4,15	0,85	33,17	0,526	56,95 !!	2,9	2,9	5386,4
14,50	65,75	3,89	0,80	34,26	0,547	60,72 !!	3,2	3,2	5388,8
15,00	61,44	3,66	0,75	35,36	0,569	64,60 !!	3,5	3,5	5391,1
+ 15,50 +	57,54	3,44	0,70	36,44	0,592	68,57 !!	3,8	3,8	5393,3
16,00	54,00	3,24	0,66	37,53	0,615	72,65 !!	4,2	4,2	5395,6
16,50	50,78	3,01	0,62	38,95	0,648	78,45 !!	4,8	4,8	5389,6

De nuevo, se comprueban los resultados hallados, esta vez para un propulsor de 5 palas. El rendimiento obtenido es de 0.6821 con una cavitación del 3.8% que, en comparación con los resultados anteriores son mejores.

### 5.3 Propulsor con 6 palas

Se considera el siguiente punto de diseño,

Propeller sizing

<b>To size</b>			
Shaft RPM:	Size	▼ 66,8	RPM
Expanded area ratio:	Size	▼ 0,663	
Propeller diameter:	Size	▼ 10130,0	mm
Propeller mean pitch:	Size	▼ 7665,5	mm
<b>Design condition [By power]</b>			
Design speed:		15,50	▼ kt
Reference power:		37680,0	... kW
Design point:		0,850	...
Reference RPM:		58,0	...
Design point:		1,030	...
Max prop diam:		10130,0	mm
<b>Review</b>			
Tip speed:		35,46	m/s

Se observa, como se ha hecho en el caso de propulsores de 4 y 5 palas, que el punto de diseño escogido es aquel que cubre las necesidades a 0.85 la potencia total requerida,

además se valora que la velocidad en punta de pala sea tal que no provoque cavitación, los resultados obtenidos son,

SPEED [kt]	EFFICIENCY		
	EFFO	EFFOA	MERIT
11,00	0,3266	0,6689	0,76113
12,00	0,3283	0,6725	0,75989
13,00	0,3300	0,6760	0,75871
13,50	0,3308	0,6776	0,75815
14,00	0,3316	0,6792	0,75759
14,50	0,3324	0,6808	0,75705
15,00	0,3331	0,6823	0,75651
+ 15,50 +	0,3339	0,6839	0,75599
16,00	0,3346	0,6854	0,75547
16,50	0,3327	0,6814	0,75685

SPEED [kt]	CAVITATION								
	SIGMAV	SIGMAN	SIGMA07R	TIPSPEED [m/s]	MINBAR	PRESS [kPa]	CAVAVG [%]	CAVMAX [%]	PITCHFC [mm]
11,00	114,24	7,26	1,48	25,09	0,432	34,08	2,0	2,0	5674,3
12,00	96,00	6,17	1,26	27,21	0,472	39,98	2,0	2,0	5679,9
13,00	81,80	5,32	1,09	29,31	0,515	46,31	2,3	2,3	5685,2
13,50	75,85	4,96	1,01	30,35	0,537	49,62	2,6	2,6	5687,8
14,00	70,53	4,64	0,95	31,40	0,560	53,04 !	2,8	2,8	5690,3
14,50	65,75	4,34	0,89	32,43	0,584	56,55 !	3,1	3,1	5692,7
15,00	61,44	4,08	0,83	33,47	0,609	60,16 !!	3,4	3,4	5695,2
+ 15,50 +	57,54	3,84	0,78	34,50	0,634	63,86 !!	3,7	3,7	5697,5
16,00	54,00	3,62	0,74	35,53	0,660	67,65 !!	4,0	4,0	5699,9
16,50	50,78	3,36	0,69	36,87	0,696	73,06 !!	4,6	4,6	5693,7

Para un propulsor provisto con 6 palas se observa un rendimiento de 0.6839 y una cavitación del 3.7%. Este resultado en comparación con los otros dos presenta mejoras y, por lo tanto, en este trabajo se selecciona el propulsor de 6 palas.

Los informes de los resultados con distinto número de palas se adjuntan como Anexo al final de este cuaderno.

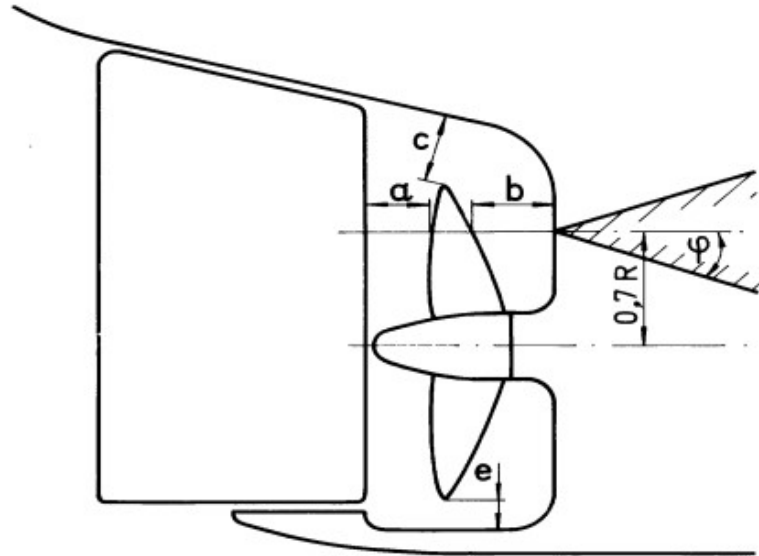
## 5.4 Claras de codaste

Las claras de codaste están definidas por las Sociedades de Clasificación y se han calculado anteriormente durante el desarrollo del cuaderno III.

Para un propulsor de 6 palas, siguiendo el DNV, los huelgos mínimos considerados toman los siguientes valores:

Table C1 Minimum clearances	
For single screw ships:	For twin screw ships:
$a \geq 0,2 R$ (m)	
$b \geq (0,7 - 0,04 Z_p) R$ (m)	
$c \geq (0,48 - 0,02 Z_p) R$ (m)	$c \geq (0,6 - 0,02 Z_p) R$ (m)
$e \geq 0,07 R$ (m)	

En donde,



En el caso a tratar se obtiene que,

- $a = 0.2 * 5.1 = 1.01 \text{ m}$
- $b = (0.7 - 0.04 * 6) * 5.1 = 2.33 \text{ m}$
- $c = (0.48 - 0.02 * 6) * 5.1 = 1.82 \text{ m}$
- e no es aplicable en este caso ya que el buque proyectado dispone de un timón semi-suspendido.

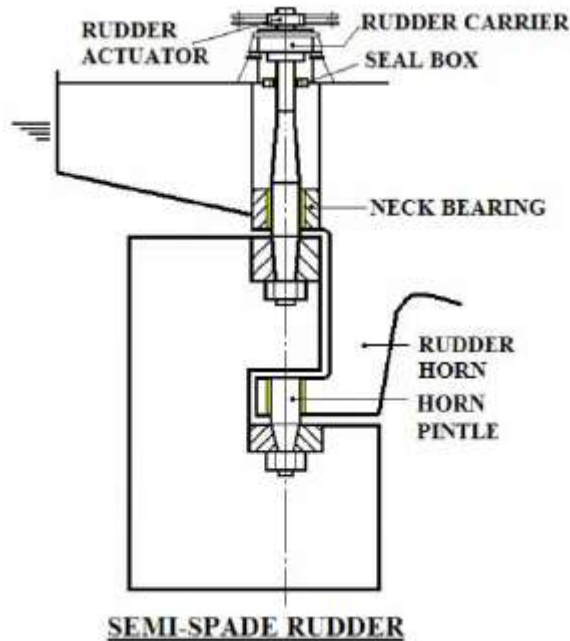
## 6 DISEÑO DEL TIMÓN

El diseño del timón tiene por objetivo el dimensionamiento y trazado óptimo del timón a instalar en el buque proyectado.

Se usan como referencia para la definición del timón, los distintos buques que componen la base de datos elaborada durante el desarrollo del cuaderno I además del DNV.

### 6.1 Tipo de timón

El timón colocado en el buque proyectado será uno semi suspendido con unas formas similares a las siguientes:



En una primera aproximación, se establece que el área del timón pertenece al rango del 1.5 al 2% del área lateral sumergida del buque proyectado.

En el caso tratado,

$$A_{lateral\ deriva} = 6493\ m^2$$

Por lo tanto, el área del timón debe estar entre el siguiente rango,

$$0.015 * A_l \leq A_t \leq 0.02 * A_l$$

$$97.4\ m^2 \leq A_t \leq 129.86\ m^2$$

Teniendo en cuenta los huelgos mínimos exigidos por la Sociedad de Clasificación y el área mínima y máxima de la que debe disponer el timón instalado, se hace un diseño para el buque proyectado.

El área total del timón trazado es de,

$$A_t = 102.94\ m^2$$

También son relevantes otras dimensiones como,

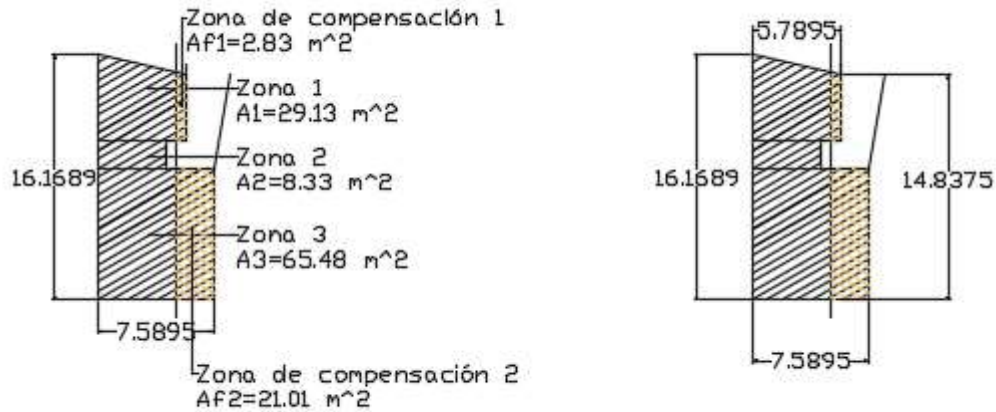
- Cuerda de timón (C)= 7589.5 mm
- Altura de timón (H)= 16168.9 mm

El área compensada debe ser próxima al 20% del área total, y la longitud de la parte compensada no puede superar el 35% de la longitud total del timón.

En el caso dado se tiene,

$$A_{compensada} = A_f = 23.84 \text{ m}^2$$

Este valor es próximo al 20% de 102.94 m<sup>2</sup> (aprox. 20.6 m<sup>2</sup>).



## 6.2 Cálculo de la fuerza sobre el timón

Para el cálculo de la fuerza lateral ejercida sobre el timón se emplea el procedimiento descrito por el DNV (Parte 3 Capítulo 14 Sección 1) para las condiciones de avance y cuando.

La estimación de la fuerza se corresponde con siguiente expresión,

$$C_R = 132 * K_1 * K_2 * K_3 * A * V^2$$

Para la resolución de la expresión dada,

- K1: es un factor que depende del aspecto del timón y, por lo tanto, de la ratio  $\lambda$ .

$$K_1 = \frac{\lambda + 2}{3}$$

$$\lambda = \frac{b}{c}$$

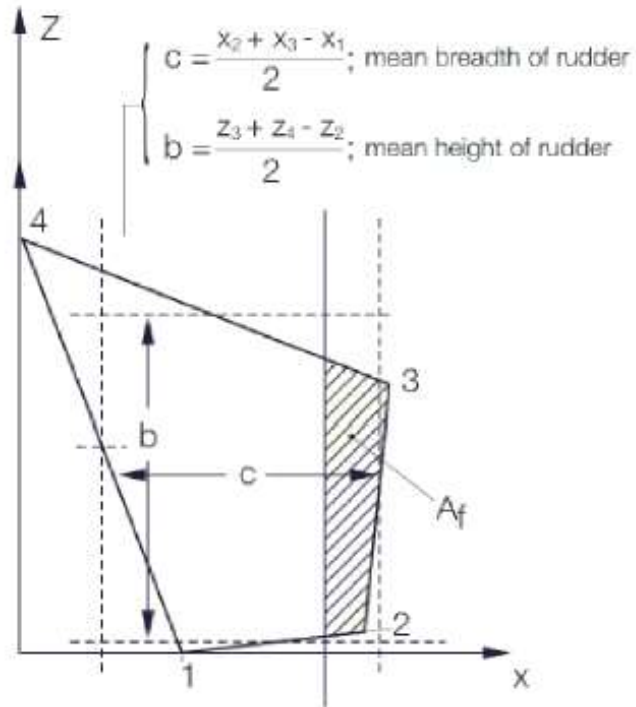
Donde b y c se calculan como,

$$b = \frac{z_3 + z_4 - z_2}{2}$$

$$c = \frac{x_2 + x_3 - x_1}{2}$$

Siguiendo el siguiente esquema:





Entonces,

$$b = \frac{14.84 + 16.17 - 0}{2} = 15.51 \text{ m}$$







$$c = \frac{7.59 + 5.79}{2} = 6.69$$

$$\lambda = \frac{15.51}{6.69} = 2.32$$

Pero, además, la Sociedad de Clasificación dice que  $\lambda$  no debe tomar un valor superior a 2. Por lo que, finalmente,

$$K1 = \frac{2 + 2}{3} = 1.33$$

- K2: es un coeficiente que depende el tipo de timón y del perfil de este.

Profile Type	$K_2$	
	Ahead condition	Astern condition
NACA-00 series Göttingen 	1.10	0.80
Flat side 	1.10	0.90
Hollow 	1.35	0.90
High lift rudders 	1.70	to be specially considered; if not known: 1.30
Fish tail 	1.40	0.80
Single plate 	1.00	1.00
Nozzle rudder	1.90	1.50
Mixed profiles (e.g. NACA-series 63, 64, HSVA MP71, MP73)	1.21	0.90

Para el caso estudiado, se escoge un perfil NACA-00 series Göttingen con,

$$K2 \text{ avante} = 1.10$$

$$K2 \text{ ciando} = 0.8$$

- $K_3$ : es un coeficiente que depende de la posición del timón.
  - 1.0 en general.
  - 0.8 para timones fuera del flujo de la hélice.
  - 1.15 para timones detrás de una tobera fija.

Para el caso expuesto corresponde,

$$K_3 = 1$$

- $A$ : es el área total del timón: 102.94 m<sup>2</sup>.
- $V$ : es la velocidad máxima de servicio del buque, si se sabe que la velocidad de diseño es de 15.5 nudos

$$V_{\text{avante}} = 18.25 \text{ nudos}$$

$$V_{\text{ciando}} = \frac{V_{\text{avante}}}{2} = 9.13 \text{ nudos}$$

Con todos los datos se puede resolver la ecuación de la fuerza lateral de avante y marcha atrás.

- AVANTE:

$$C_{R \text{ AVANTE}} = 132 * 1.33 * 1.1 * 1 * 102.94 * 18.25^2 = 6621069.69 \text{ N} = \mathbf{6621.07 \text{ kN}}$$

- MARCHA ATRÁS:

$$C_{R \text{ CIANDO}} = 132 * 1.33 * 0.8 * 1 * 102.94 * 9.13^2 = 1657081.91 \text{ N} = \mathbf{1657.08 \text{ kN}}$$

### 6.3 Cálculo del par torsor

El par torsor,  $Q_r$  (Nm), viene dado por la Sociedad de Clasificación (DNV) y debe calcularse, al igual que la fuerza lateral sobre el timón, para ambas condiciones de avante y marcha atrás.

$$Q_R = C_R * r$$

Donde,

- $C_r$ : es la fuerza lateral ejercida sobre el timón y cuyo valor ha sido obtenido en el apartado 6.2.
- $r$ : es el centro de empuje (m). Su valor está definido por la siguiente expresión:

$$r_{\text{avante}} = \text{máximo}(c * (\alpha - k); 0.1c)$$

$$r_{\text{ciando}} = c * (\alpha - k)$$

Donde,

- $c$  ya ha sido calculada con anterioridad y toma el valor de 6.69 m.
- $\alpha$  es una constante,

$$\alpha_{\text{avante}} = \mathbf{0.33}$$

$$\alpha_{\text{ciando}} = \mathbf{0.66}$$

- $k$  es otro coeficiente que responde a la siguiente expresión,

$$k = \frac{Af}{A} = \frac{23.84}{102.94} = 0.2316$$

Se estima  $r$ ,

$$r_{\text{avante}} = \text{máximo}(6.69 * (0.33 - 0.2316); 0.1 * 6.69) = 0.67 \text{ m}$$

$$r_{\text{ciando}} = 6.69 * (0.66 - 0.2316) = 2.87 \text{ m}$$

Con estos valores se puede calcular el del par torsor,

$$Q_{R \text{ avante}} = 4776016.49 * 0.67 = 3199931.05 \text{ Nm} = \mathbf{3199.93 \text{ kN} * \text{m}}$$

$$Q_{R \text{ ciando}} = 868366.63 * 2.87 = 2492212.23 \text{ Nm} = \mathbf{2492.21 \text{ kN} * \text{m}}$$

### 6.3.1 Cálculo par torsor timones semi suspendidos

El par torsor para timones semi suspendidos como el que se va a instalar en el buque proyectado se estima siguiendo la ecuación dada por el DNV,

$$Q_R = Q_{R1} + Q_{R2}$$

Al igual que antes,

$$Q_{R1} = C_{R1} * r1$$

$$Q_{R2} = C_{R2} * r2$$

Donde,

- $C_{R1} = C_R * \frac{A1}{A}$ 
  - AVANTE

$$C_{R1avante} = 4776016.49 * \frac{37.47}{102.94} = 1738462.58 \text{ N}$$

- CIANDO

$$C_{R1ciand} = 868366.63 * \frac{37.47}{102.94} = 316084.10 \text{ N}$$

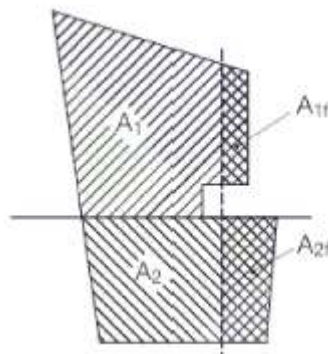
- $C_{R2} = C_R * \frac{A2}{A}$ 
  - AVANTE

$$C_{R2avante} = 4776016.49 * \frac{65.48}{102.94} = 3038017.87 \text{ N}$$

- CIANDO

$$C_{R2ciando} = 868366.63 * \frac{65.48}{102.94} = 552366.88 \text{ N}$$

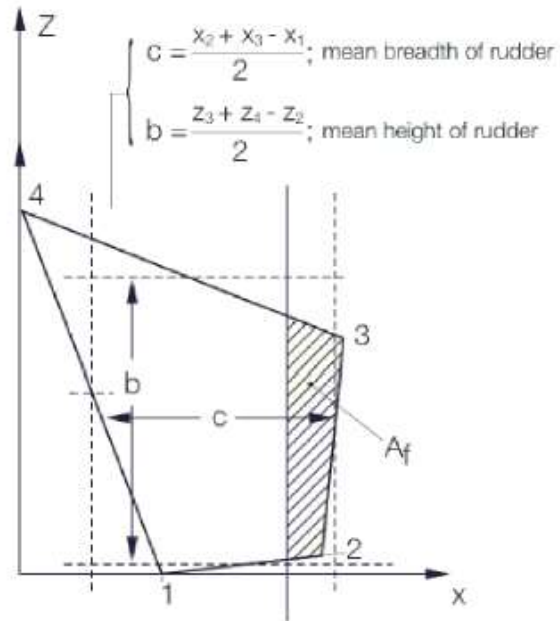
Las áreas A1, A2 y A1f y A2f se toman según el siguiente esquema:



- $r1 = c1 * (\alpha - k1)$

- $r2 = c2 * (\alpha - k2)$

- c1 y c2 hace referencia a la manga principal de las áreas parciales A1 y A2 obtenidas siguiendo en esquema,



Entonces se tiene que,

$$c1 = \frac{4.52 + 5.79 - 0}{2} = 5.16 \text{ m}$$

$$c2 = \frac{7.59 + 7.59 - 0}{2} = 7.59 \text{ m}$$

- $\alpha$  es una constante,

$$\alpha_{avante} = 0.33$$

$$\alpha_{ciando} = 0.66$$

Pero para la parte del timón que está detrás del soporte (cuerno),

$$\alpha_{avante} = 0.25$$

$$\alpha_{ciando} = 0.55$$

Por lo tanto,

$$\alpha_{1avante} = 0.25$$

$$\alpha_{1ciando} = 0.55$$

$$\alpha_{2avante} = 0.33$$

$$\alpha_{2ciando} = 0.66$$

- $k1 = \frac{A1f}{A1} = \frac{2.83}{37.47} = 0.0755$

- $k2 = \frac{A2f}{A2} = \frac{21.01}{65.48} = 0.3209$

Entonces se puede estimar r1 y r2,

- $r1 = c1 * (\alpha - k1)$ 
  - AVANTE
 
$$r_{1avante} = 5.16 * (0.25 - 0.0755) = 0.90 \text{ m}$$
  - CIANDO
 
$$r_{1ciando} = 5.16 * (0.55 - 0.0755) = 2.45 \text{ m}$$
- $r2 = c2 * (\alpha - k2)$ 
  - AVANTE
 
$$r_{2avante} = 7.59 * (0.33 - 0.3209) = 0.07 \text{ m}$$
  - CIANDO
 
$$r_{2ciando} = 7.59 * (0.66 - 0.3209) = 2.57 \text{ m}$$

Ahora, se puede hallar  $Q_{R1}$  y  $Q_{R2}$ ,

- $Q_{R1} = C_{R1} * r1$ 
  - AVANTE
 
$$Q_{R1avante} = 1738462.58 * 0.90 = 1564616.32 \text{ Nm}$$
  - CIANDO
 
$$Q_{R1ciando} = 316084.10 * 2.45 = 774406.05 \text{ Nm}$$
- $Q_{R2} = C_{R2} * r2$ 
  - AVANTE
 
$$Q_{R2avante} = 3038017.87 * 0.07 = 212661.25 \text{ Nm}$$
  - CIANDO
 
$$Q_{R2ciando} = 552366.88 * 2.57 = 1419582.88 \text{ Nm}$$

Por lo tanto, el valor del par torsor es de,

- AVANTE
 
$$Q_{Ravante} = 1564616.32 + 212661.25 = 1777277.57 \text{ Nm} = 1777.28 \text{ kN} * \text{m}$$

Para la condición de avante el DNV dice que el par torsor no debería ser menor a:

$$Q_{Ravante} \text{ mínimo} = 0.1 * C_R * \frac{A1 * c1 + A2 * c2}{A}$$

$$Q_{Ravante} \text{ mínimo} = 0.1 * 4776016.49 * \frac{34.64 * 5.16 + 44.47 * 5.15}{102.94}$$

$$= 1891861.60 \text{ Nm} = 1891.86 \text{ kN} * \text{m}$$

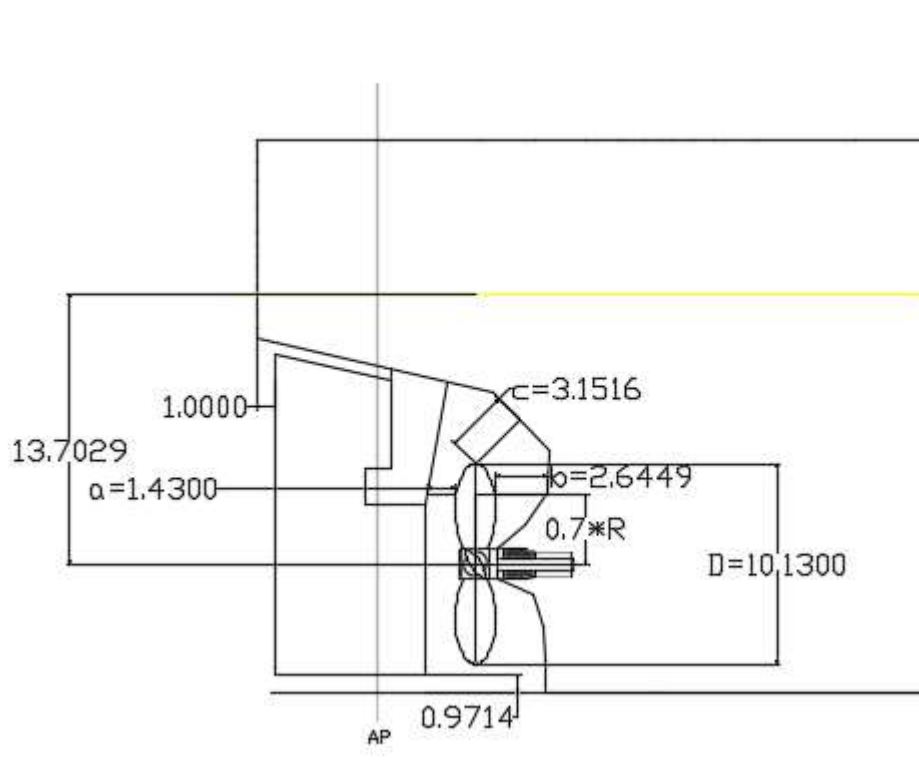
- MARCHA ATRÁS
 
$$Q_{Rciando} = 774406.05 + 1419582.88 = 2193988.93 \text{ Nm} = 2193.99 \text{ kN} * \text{m}$$

Se concluye que para el caso definido en este cuaderno, al tratarse de un timón semi suspendido, este presenta un par torsor en el avance y marcha atrás de:

$$Q_{Ravante} = 1891.86 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$Q_{Rciando} = 2193.99 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

## 6.4 Comprobación claras de codaste



## 6.5 Cálculo del servomotor

Para el cálculo de la potencia del servo se coge el mayor par torsor de los calculados; en este caso es,

$$Q_{Rciando} = 2193.99 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Según la OMI y las Sociedades de Clasificación, el servomotor debe ser capaz de girar el timón  $35^\circ$  a una banda a  $30^\circ$  a la contraria en 28 segundos hallándose el buque navegando a la velocidad máxima de servicio en marcha avante y con su calado en agua salada.

Al par máximo considerado se le debe añadir un porcentaje (30%) para la consideración de los factores de riesgo:

$$Q_{SERVO} = Q_{Rciando} \cdot 1.3 = 2193.99 \cdot 1.3 = 2852.19 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

La potencia necesaria del servo está dada por la expresión,

$$P = \frac{Q \cdot w}{\eta}$$

Donde,

- La velocidad angular ( $w$ ) viene dada por el razonamiento anteriormente mencionado de giro de una banda  $35^\circ$  a otra  $30^\circ$  en 28 seg.  
$$w = \frac{2 * (35 + 30) * \pi}{360 * 28} = 0.0405 \text{ rad/s}$$
- $\eta$  hace referencia al rendimiento mecánico y toma un valor de 0.8.

Entonces,

$$P = \frac{2852.19 * 0.0405}{0.8} = 144.45 \text{ kW}$$



## 7 BIBLIOGRAFÍA

DNVGL-RU-SHIP, Rudders and steering DNVGL-RU-SHIP, 2018.

R. Alvariño, J. J. Azpiroz y M. Meizoso, El proyecto básico del buque mercante, Madrid: Fondo editorial de ingeniería naval, 1998.

V. D. Casás y B. P. Varela, Asignatura: "Proyectos de buques y artefactos marinos I", Ferrol: Escuela Politécnica Superior, UDC, 2020/2021.

V. D. Casás y B. P. Varela, Proyectos del buque y artefactos marinos II, Ferrol: Escuela Politécnica Superior, 2020/2021.

M. B&W, «Catálogo MAN B&W,» 2020.

## **8 ANEXO I: RESISTENCIA AL AVANCE**

# Resistance

22 feb 2021 12:47

HydroComp NavCad 2018

Project ID **Petrolero 275000TPM**

Description

File name **Navcad Petrolero 275000 TPM feb 2021.hcnc**

## Analysis parameters

Vessel drag		ITTC-78 (CT)	Added drag	
Technique:	[Calc]	Prediction	Appendage:	[Calc] Holtrop (Component)
Prediction:		Andersen	Wind:	[Calc] Taylor
Reference ship:			Seas:	[Off]
Model LWL:			Shallow/channel:	[Off]
Expansion:		Standard	Towed:	[Off]
Friction line:		ITTC-57	Margin:	[Calc] Hull + added drag [15%]
Hull form factor:	[On]	1,534	<b>Water properties</b>	
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 [Andersen]

Parameters	FN [design]	CVOL	CB	LWL/BWL
Value	0,14	4,47	0,86	5,47
Range	0,05-0,33	4,00-6,00	0,55-0,85	5,00-8,00

## Prediction results

SPEED [kt]	SPEED COEFS		ITTC-78 COEFS						
	FN	FV	RN	CF	[CV/CF]	CR	dCF	CA	CT
11,00	0,103	0,217	1,47e9	0,001460	1,533	0,000001	0,000000	0,000263	0,002503
12,00	0,112	0,237	1,60e9	0,001445	1,533	0,000001	0,000000	0,000252	0,002467
13,00	0,121	0,257	1,74e9	0,001431	1,532	0,000001	0,000000	0,000241	0,002434
13,50	0,126	0,267	1,80e9	0,001424	1,532	0,000001	0,000000	0,000236	0,002418
14,00	0,131	0,277	1,87e9	0,001418	1,531	0,000001	0,000000	0,000230	0,002403
14,50	0,136	0,286	1,94e9	0,001412	1,531	0,000001	0,000000	0,000225	0,002388
15,00	0,140	0,296	2,01e9	0,001407	1,530	0,000001	0,000000	0,000221	0,002374
+ 15,50 +	0,145	0,306	2,07e9	0,001401	1,529	0,000001	0,000000	0,000216	0,002360
16,00	0,150	0,316	2,14e9	0,001396	1,528	0,000001	0,000000	0,000211	0,002346
16,50	0,154	0,326	2,21e9	0,001391	1,528	0,000052	0,000000	0,000207	0,002383
	RESISTANCE								
SPEED [kt]	RBARE [kN]	RAPP [kN]	RWIND [kN]	RSEAS [kN]	RCHAN [kN]	RTOWED [kN]	RMARGIN [kN]	RTOTAL [kN]	
11,00	1135,69	10,10	19,95	0,00	0,00	0,00	174,86	1340,61	
12,00	1332,29	11,87	23,75	0,00	0,00	0,00	205,19	1573,09	
13,00	1542,61	13,76	27,87	0,00	0,00	0,00	237,64	1821,88	
13,50	1652,80	14,76	30,06	0,00	0,00	0,00	254,64	1952,26	
14,00	1766,28	15,79	32,32	0,00	0,00	0,00	272,16	2086,55	
14,50	1883,00	16,85	34,67	0,00	0,00	0,00	290,18	2224,70	
15,00	2002,91	17,94	37,11	0,00	0,00	0,00	308,69	2366,65	
+ 15,50 +	2125,95	19,06	39,62	0,00	0,00	0,00	327,69	2512,32	
16,00	2252,05	20,21	42,22	0,00	0,00	0,00	347,17	2661,65	
16,50	2433,09	21,39	44,90	0,00	0,00	0,00	374,91	2874,28	
	EFFECTIVE POWER		OTHER						
SPEED [kt]	PEBARE [kW]	PETOTAL [kW]	CTLR	CTLT	RBARE/W				
11,00	6426,8	7586,4	0,00001	0,03230	0,00034				
12,00	8224,7	9711,2	0,00001	0,03184	0,00040				
13,00	10316,6	12184,3	0,00001	0,03142	0,00046				
13,50	11478,7	13558,4	0,00001	0,03121	0,00050				
14,00	12721,2	15027,8	0,00001	0,03102	0,00053				
14,50	14046,2	16595,0	0,00001	0,03082	0,00057				
15,00	15455,8	18262,6	0,00001	0,03064	0,00060				
+ 15,50 +	16952,1	20032,9	0,00001	0,03046	0,00064				
16,00	18536,9	21908,4	0,00001	0,03028	0,00068				
16,50	20652,8	24397,9	0,00067	0,03076	0,00073				

# Resistance

22 feb 2021 12:47

HydroComp NavCad 2018

Project ID **Petrolero 275000TPM**

Description

File name **Navcad Petrolero 275000 TPM feb 2021.hcnc**

## Hull data

General		Planing	
Configuration:	<b>Monohull</b>	<i>Proj chine length:</i>	<i>0,000 m</i>
Chine type:	<b>Round/multiple</b>	<i>Proj bottom area:</i>	<i>0,000 m2</i>
Length on WL:	<b>309,000 m</b>	<i>LCG fwd TR:</i>	<i>[XCG/LP 0,000] 0,000 m</i>
Max beam on WL:	[LWL/BWL 5,469] <b>56,500 m</b>	<i>VCG below WL:</i>	<i>0,000 m</i>
Max molded draft:	[BWL/T 2,572] <b>21,970 m</b>	<i>Aft station (fwd TR):</i>	<i>0,000 m</i>
Displacement:	[CB 0,862] <b>339242,00 t</b>	<i>Deadrise:</i>	<i>0,00 deg</i>
Wetted surface:	[CS 2,733] <b>27623,151 m2</b>	<i>Chine beam:</i>	<i>0,000 m</i>
<b>ITTC-78 (CT)</b>		<i>Chine ht below WL:</i>	<i>0,000 m</i>
LCB fwd TR:	[XCB/LWL 0,499] <b>154,311 m</b>	<i>Fwd station (fwd TR):</i>	<i>0,000 m</i>
LCF fwd TR:	[XCF/LWL 0,486] <b>150,080 m</b>	<i>Deadrise:</i>	<i>0,00 deg</i>
Max section area:	[CX 0,986] <b>1223,996 m2</b>	<i>Chine beam:</i>	<i>0,000 m</i>
Waterplane area:	[CWP 0,934] <b>16302,609 m2</b>	<i>Chine ht below WL:</i>	<i>0,000 m</i>
Bulb section area:	<b>0,000 m2</b>	<i>Propulsor type:</i>	<i>Propeller</i>
Bulb ctr below WL:	<b>0,000 m</b>	<i>Max prop diameter:</i>	<i>10130,0 mm</i>
Bulb nose fwd TR:	<b>0,000 m</b>	<i>Shaft angle to WL:</i>	<i>0,00 deg</i>
Imm transom area:	[ATR/AX 0,005] <b>6,480 m2</b>	<i>Position fwd TR:</i>	<i>0,000 m</i>
Transom beam WL:	[BTR/BWL 0,042] <b>2,400 m</b>	<i>Position below WL:</i>	<i>0,000 m</i>
Transom immersion:	[TTR/T 0,123] <b>2,700 m</b>	<i>Transom lift device:</i>	<i>Flap</i>
Half entrance angle:	<b>86,00 deg</b>	<i>Device count:</i>	<i>0</i>
Bow shape factor:	[WL flow] <b>1,0</b>	<i>Span:</i>	<i>0,000 m</i>
Stern shape factor:	[WL flow] <b>1,0</b>	<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

22 feb 2021 12:47

HydroComp NavCad 2018

Project ID **Petrolero 275000TPM**

Description

File name **Navcad Petrolero 275000 TPM feb 2021.hcnc**

## Appendage data

General		Skeg/Keel	
Definition:	Component	Count:	0
Percent of hull drag:	5,00 %	Type:	Skeg
Planing influence		Mean length:	0,000 m
LCE fwd TR:	0,000 m	Mean width:	0,000 m
VCE below WL:	0,000 m	Height aft:	0,000 m
Shafting		Height mid:	0,000 m
Count:	1	Height fwd:	0,000 m
Max prop diameter:	10130,0 mm	Projected area:	0,000 m <sup>2</sup>
Shaft angle to WL:	0,00 deg	Wetted surface:	0,000 m <sup>2</sup>
Exposed shaft length:	0,000 m	Stabilizer	
Shaft diameter:	0,000 m	Count:	0
Wetted surface:	0,000 m <sup>2</sup>	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 m <sup>2</sup>	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 m <sup>2</sup>
Wetted surface:	0,000 m <sup>2</sup>	Projected area:	0,000 m <sup>2</sup>
Strut (per shaft line)		Dynamic multiplier:	1,00
Count:	0	Bilge keel	
Root chord:	0,000 m	Count:	0
Tip chord:	0,000 m	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 m <sup>2</sup>	Wetted surface:	0,000 m <sup>2</sup>
Wetted surface:	0,000 m <sup>2</sup>	Tunnel thruster	
Exposed palm depth:	0,000 m	Count:	0
Exposed palm width:	0,000 m	Diameter:	0,000 m
Rudder		Sonar dome	
Count:	1	Count:	0
Rudder location:	Behind propeller	Wetted surface:	0,000 m <sup>2</sup>
Type:	Balanced foil	Miscellaneous	
Root chord:	6,900 m	Count:	0
Tip chord:	3,850 m	Drag area:	0,000 m <sup>2</sup>
Span:	14,400 m	Drag coef:	0,00
T/C ratio:	0,150		
LE sweep:	5,00 deg		
Projected area:	77,400 m <sup>2</sup>		
Wetted surface:	157,112 m <sup>2</sup>		

## 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:	509,630 m <sup>2</sup>	Type:	Shallow water
VCE above WL:	26,480 m	Channel width:	0,000 m
Profile area:	2787,180 m <sup>2</sup>	Channel side slope:	0,00 deg
Superstructure		Hull girth:	0,000 m
Superstructure shape:	Tanker/Bulker		
Transverse area:	845,090 m <sup>2</sup>		
VCE above WL:	42,090 m		
Profile area:	467,771 m <sup>2</sup>		

# Resistance

22 feb 2021 12:47

HydroComp NavCad 2018

Project ID **Petrolero 275000TPM**

Description

File name **Navcad Petrolero 275000 TPM feb 2021.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

## **9 ANEXO II: POTENCIA PROPULSORA**

# Propulsion

22 feb 2021 01:01

HydroComp NavCad 2018

Project ID **Petrolero 275000TPM**

Description

File name **Navcad Petrolero 275000 TPM feb 2021.hcnc**

## Analysis parameters

Hull-propulsor interaction		System analysis	
Technique:	[Calc] Prediction	Cavitation criteria:	Keller eqn
Prediction:	Andersen	Analysis type:	Free run
Reference ship:		CPP method:	
Max prop diam:	10130,0 mm	Engine RPM:	
<b>Corrections</b>		Mass multiplier:	
Viscous scale corr:	[Off]	RPM constraint:	
Rudder location:		Limit [RPM/s]:	
Friction line:		<b>Water properties</b>	
Hull form factor:		Water type:	Salt
Corr allowance:		Density:	1026,00 kg/m3
Roughness [mm]:		Viscosity:	1,18920e-6 m2/s
Ducted prop corr:	[Off]		
Tunnel stern corr:	[Off]		

## Prediction method check [Andersen]

Parameters	FN [design]	CVOL	CB	LWL/BWL
Value	0,14	4,47	0,86	5,47
Range	0,05-0,33	4,00-6,00	0,55-0,85	5,00-8,00

## 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]
11,00	7586,4	0,6443	0,2635	1,0200	47	11337,1	0,0	---	---
12,00	9711,2	0,6443	0,2635	1,0200	51	14434,0	0,0	---	---
13,00	12184,3	0,6443	0,2635	1,0200	55	18018,0	0,0	---	---
13,50	13558,4	0,6443	0,2635	1,0200	57	20001,3	0,0	---	---
14,00	15027,8	0,6443	0,2635	1,0200	59	22116,4	0,0	---	---
14,50	16595,0	0,6443	0,2635	1,0200	61	24366,3	0,0	---	---
15,00	18262,6	0,6443	0,2635	1,0200	63	26754,0	0,0	---	---
+ 15,50 +	20032,9	0,6443	0,2635	1,0200	65	29282,2	0,0	---	---
16,00	21908,4	0,6443	0,2635	1,0200	67	31953,4	0,0	---	---
16,50	24397,9	0,6443	0,2635	1,0200	69	35792,4	0,0	---	---
SPEED [kt]	EFFICIENCY			THRUST					
	EFFO	EFFOA	MERIT	THRPROP [kN]	DELTHR [kN]				
11,00	0,3267	0,6692	0,76144	1820,36	1340,61				
12,00	0,3285	0,6728	0,76019	2136,03	1573,09				
13,00	0,3301	0,6762	0,75902	2473,85	1821,88				
13,50	0,3309	0,6779	0,75845	2650,89	1952,26				
14,00	0,3317	0,6795	0,7579	2833,24	2086,55				
14,50	0,3325	0,6811	0,75735	3020,83	2224,70				
15,00	0,3333	0,6826	0,75682	3213,57	2366,65				
+ 15,50 +	0,3340	0,6841	0,75629	3411,37	2512,32				
16,00	0,3347	0,6856	0,75577	3614,14	2661,65				
16,50	0,3328	0,6816	0,75715	3902,86	2874,28				
SPEED [kt]	POWER DELIVERY								TRANSP
	RPMPROP [RPM]	QPROP [kN·m]	QENG [kN·m]	PDPROP [kW]	PSPROP [kW]	PSTOTAL [kW]	PBTOTAL [kW]		
11,00	47	2266,22	2266,22	10997,0	11337,1	11337,1	11337,1	---	
12,00	51	2660,73	2660,73	14001,0	14434,0	14434,0	14434,0	---	
13,00	55	3083,21	3083,21	17477,5	18018,0	18018,0	18018,0	---	
13,50	57	3304,72	3304,72	19401,2	20001,3	20001,3	20001,3	---	
14,00	59	3532,96	3532,96	21452,9	22116,4	22116,4	22116,4	---	
14,50	61	3767,82	3767,82	23635,3	24366,3	24366,3	24366,3	---	
15,00	63	4009,22	4009,22	25951,4	26754,0	26754,0	26754,0	959,6	
+ 15,50 +	65	4257,04	4257,04	28403,7	29282,2	29282,2	29282,2	905,9	
16,00	67	4511,18	4511,18	30994,8	31953,4	31953,4	31953,4	857,0	
16,50	69	4868,43	4868,43	34718,7	35792,4	35792,4	35792,4	789,0	



# Propulsion

22 feb 2021 01:01

HydroComp NavCad 2018

Project ID **Petrolero 275000TPM**

Description

File name **Navcad Petrolero 275000 TPM feb 2021.hcnc**

## Prediction results [Propulsor]

CAVITATION									
SPEED [kt]	SIGMAV	SIGMAN	SIGMA07R	TIPSPEED [m/s]	MINBAR	PRESS [kPa]	CAVAVG [%]	CAVMAX [%]	PITCHFC [mm]
11,00	114,24	7,27	1,48	25,07	0,432	34,45	2,0	2,0	5678,8
12,00	96,00	6,18	1,26	27,19	0,472	40,43	2,0	2,0	5684,5
13,00	81,80	5,33	1,09	29,29	0,515	46,82	2,4	2,4	5689,8
13,50	75,85	4,97	1,01	30,33	0,537	50,17	2,7	2,7	5692,4
14,00	70,53	4,64	0,95	31,37	0,560	53,62 !	2,9	2,9	5694,9
14,50	65,75	4,35	0,89	32,41	0,584	57,17 !	3,2	3,2	5697,4
15,00	61,44	4,09	0,83	33,44	0,609	60,82 !!	3,5	3,5	5699,8
+ 15,50 +	57,54	3,85	0,78	34,47	0,634	64,56 !!	3,8	3,8	5702,2
16,00	54,00	3,63	0,74	35,50	0,660	68,40 !!	4,2	4,2	5704,6
16,50	50,78	3,37	0,69	36,84	0,696	73,87 !!	4,8	4,8	5698,3
PROPULSOR COEFS									
SPEED [kt]	J	KT	KQ	KT/J2	KQ/J3	CTH	CP	RNPROP	
11,00	0,2523	0,2715	0,03337	4,2665	2,0785	10,865	32,604	3,80e7	
12,00	0,2538	0,2709	0,03332	4,2068	2,0383	10,712	31,974	4,12e7	
13,00	0,2552	0,2704	0,03327	4,1513	2,0013	10,571	31,392	4,44e7	
13,50	0,2559	0,2701	0,03324	4,125	1,9837	10,504	31,118	4,60e7	
14,00	0,2566	0,2699	0,03322	4,0995	1,9668	10,439	30,852	4,76e7	
14,50	0,2572	0,2696	0,03320	4,0747	1,9504	10,376	30,594	4,92e7	
15,00	0,2579	0,2694	0,03318	4,0505	1,9344	10,314	30,343	5,07e7	
+ 15,50 +	0,2585	0,2691	0,03315	4,0269	1,9188	10,254	30,099	5,23e7	
16,00	0,2592	0,2689	0,03313	4,0038	1,9036	10,195	29,861	5,38e7	
16,50	0,2575	0,2695	0,03319	4,0655	1,9443	10,353	30,499	5,59e7	

# Propulsion

22 feb 2021 01:01

HydroComp NavCad 2018

Project ID **Petrolero 275000TPM**

Description

File name **Navcad Petrolero 275000 TPM feb 2021.hcnc**

## Hull data

General		Planing	
Configuration:	<b>Monohull</b>	Proj chine length:	0,000 m
Chine type:	<b>Round/multiple</b>	Proj bottom area:	0,000 m <sup>2</sup>
Length on WL:	<b>309,000 m</b>	LCG fwd TR:	[XCG/LP 0,000] 0,000 m
Max beam on WL:	[LWL/BWL 5,469] <b>56,500 m</b>	VCG below WL:	0,000 m
Max molded draft:	[BWL/T 2,572] <b>21,970 m</b>	Aft station (fwd TR):	0,000 m
Displacement:	[CB 0,862] <b>339242,00 t</b>	Deadrise:	0,00 deg
Wetted surface:	[CS 2,733] <b>27623,151 m<sup>2</sup></b>	Chine beam:	0,000 m
<b>ITTC-78 (CT)</b>		Chine ht below WL:	0,000 m
LCB fwd TR:	[XCB/LWL 0,499] <b>154,311 m</b>	Fwd station (fwd TR):	0,000 m
LCF fwd TR:	[XCF/LWL 0,486] <b>150,080 m</b>	Deadrise:	0,00 deg
Max section area:	[CX 0,986] <b>1223,996 m<sup>2</sup></b>	Chine beam:	0,000 m
Waterplane area:	[CWP 0,934] <b>16302,609 m<sup>2</sup></b>	Chine ht below WL:	0,000 m
Bulb section area:	<b>0,000 m<sup>2</sup></b>	Propulsor type:	<b>Propeller</b>
Bulb ctr below WL:	<b>0,000 m</b>	Max prop diameter:	10130,0 mm
Bulb nose fwd TR:	<b>0,000 m</b>	Shaft angle to WL:	0,00 deg
Imm transom area:	[ATR/AX 0,005] <b>6,480 m<sup>2</sup></b>	Position fwd TR:	0,000 m
Transom beam WL:	[BTR/BWL 0,042] <b>2,400 m</b>	Position below WL:	0,000 m
Transom immersion:	[TTR/T 0,123] <b>2,700 m</b>	Transom lift device:	<b>Flap</b>
Half entrance angle:	<b>86,00 deg</b>	Device count:	0
Bow shape factor:	[WL flow] <b>1,0</b>	Span:	0,000 m
Stern shape factor:	[WL flow] <b>1,0</b>	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:	<b>1</b>	Oblique angle corr:	<b>Off</b>
Propulsor type:	<b>Propeller series</b>	Shaft angle to WL:	<b>0,00 deg</b>
Propeller type:	<b>FPP</b>	Added rise of run:	<b>0,00 deg</b>
Propeller series:	<b>B Series</b>	Propeller cup:	<b>0,0 mm</b>
Propeller sizing:	<b>By thrust</b>	KTKQ corrections:	<b>Custom</b>
Reference prop:		Scale correction:	<b>None</b>
Blade count:	<b>6</b>	KT multiplier:	<b>1,000</b>
Expanded area ratio:	<b>0,6556</b> [Size]	KQ multiplier:	<b>1,000</b>
Propeller diameter:	<b>10130,0 mm</b> [Size]	Blade T/C [0.7R]:	<b>0,00</b>
Propeller mean pitch:	[P/D 0,7579] <b>7677,7 mm</b> [Size]	Roughness:	<b>0,00 mm</b>
Hub immersion:	<b>13702,9 mm</b>	Cav breakdown:	<b>Off</b>
Engine/gear		Design condition [By thrust]	
Drive line:	<b>Direct drive</b>	Max prop diam:	<b>10130,0 mm</b>
Gear input:	<b>No gearbox</b>	Design speed:	<b>15,50 kt</b>
Engine data:		Reference thrust:	<b>3581,75 kW</b>
Rated RPM:	<b>0 RPM</b>	Design point:	<b>1,000</b>
Rated power:	<b>0,0 kW</b>	Reference RPM:	<b>100,0 RPM</b>
Primary fuel:	<b>Defined</b>	Design point:	<b>1,000</b>
Secondary fuel:	<b>None</b>	Shaft RPM:	<b>66,3 RPM</b> [Size]
Gear efficiency:	<b>1,000</b>		
Load correction:	<b>Off</b>		
Gear ratio:	<b>1,000</b>		
Shaft efficiency:	<b>0,970</b>		

# Propulsion

22 feb 2021 01:01

HydroComp NavCad 2018

Project ID **Petrolero 275000TPM**

Description

File name **Navcad Petrolero 275000 TPM feb 2021.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

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

## **10 ANEXO III: INFORME HÉLICE Z=4**

# Propulsion

23 feb 2021 11:13

HydroComp NavCad 2018

Project ID **Petrolero 275000TPM**

Description

File name **Navcad Petrolero 275000 TPM feb 2021.hcnc**

## Analysis parameters

Hull-propulsor interaction		System analysis	
Technique:	[Calc] Prediction	Cavitation criteria:	Keller eqn
Prediction:	Andersen	Analysis type:	Free run
Reference ship:		CPP method:	
Max prop diam:	10130,0 mm	Engine RPM:	
<b>Corrections</b>		Mass multiplier:	
Viscous scale corr:	[Off]	RPM constraint:	
Rudder location:		Limit [RPM/s]:	
Friction line:		<b>Water properties</b>	
Hull form factor:		Water type:	Salt
Corr allowance:		Density:	1026,00 kg/m3
Roughness [mm]:		Viscosity:	1,18920e-6 m2/s
Ducted prop corr:	[Off]		
Tunnel stern corr:	[Off]		

## Prediction method check [Andersen]

Parameters	FN [design]	CVOL	CB	LWL/BWL
Value	0,14	4,47	0,86	5,47
Range	0,05-0,33	4,00-6,00	0,55-0,85	5,00-8,00

## 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]
11,00	7586,4	0,6443	0,2635	1,0200	53	11521,4	30,6	---	---
12,00	9711,2	0,6443	0,2635	1,0200	57	14667,6	38,9	---	---
13,00	12184,3	0,6443	0,2635	1,0200	62	18308,6	48,6	---	---
13,50	13558,4	0,6443	0,2635	1,0200	64	20323,1	53,9	---	---
14,00	15027,8	0,6443	0,2635	1,0200	66	22471,6	59,6	---	---
14,50	16595,0	0,6443	0,2635	1,0200	68	24757,0	65,7	---	---
15,00	18262,6	0,6443	0,2635	1,0200	70	27182,3	72,1	---	---
+ 15,50 +	20032,9	0,6443	0,2635	1,0200	73	29750,1	79,0	---	---
16,00	21908,4	0,6443	0,2635	1,0200	75	32463,0	86,2	---	---
16,50	24397,9	0,6443	0,2635	1,0200	78	36366,0	96,5	---	---
SPEED [kt]	EFFICIENCY			THRUST					
	EFFO	EFFOA	MERIT	THRPROP [kN]	DELTHR [kN]				
11,00	0,3215	0,6585	0,74926	1820,36	1340,61				
12,00	0,3232	0,6621	0,74808	2136,03	1573,09				
13,00	0,3249	0,6655	0,74697	2473,85	1821,88				
13,50	0,3257	0,6671	0,74644	2650,87	1952,25				
14,00	0,3265	0,6687	0,74591	2833,24	2086,55				
14,50	0,3273	0,6703	0,7454	3020,82	2224,70				
15,00	0,3280	0,6719	0,7449	3213,57	2366,65				
+ 15,50 +	0,3288	0,6734	0,7444	3411,37	2512,32				
16,00	0,3295	0,6749	0,74391	3614,14	2661,65				
16,50	0,3275	0,6709	0,74521	3902,86	2874,28				
SPEED [kt]	POWER DELIVERY							TRANSP	
	RPMPROP [RPM]	QPROP [kN·m]	QENG [kN·m]	PDPROP [kW]	PSPROP [kW]	PSTOTAL [kW]	PBTOTAL [kW]		
11,00	53	2062,89	2062,89	11175,7	11521,4	11521,4	11521,4	---	
12,00	57	2421,85	2421,85	14227,6	14667,6	14667,6	14667,6	---	
13,00	62	2806,22	2806,22	17759,3	18308,6	18308,6	18308,6	---	
13,50	64	3007,73	3007,73	19713,4	20323,1	20323,1	20323,1	---	
14,00	66	3215,37	3215,37	21797,5	22471,6	22471,6	22471,6	---	
14,50	68	3429,02	3429,02	24014,3	24757,0	24757,0	24757,0	---	
15,00	70	3648,62	3648,62	26366,9	27182,3	27182,3	27182,3	944,4	
+ 15,50 +	73	3874,04	3874,04	28857,6	29750,1	29750,1	29750,1	891,7	
16,00	75	4105,18	4105,18	31489,2	32463,0	32463,0	32463,0	843,5	
16,50	78	4430,61	4430,61	35275,0	36366,0	36366,0	36366,0	776,5	

# Propulsion

23 feb 2021 11:13

HydroComp NavCad 2018

Project ID **Petrolero 275000TPM**

Description

File name **Navcad Petrolero 275000 TPM feb 2021.hcnc**

## Prediction results [Propulsor]

CAVITATION									
SPEED [kt]	SIGMAV	SIGMAN	SIGMA07R	TIPSPEED [m/s]	MINBAR	PRESS [kPa]	CAVAVG [%]	CAVMAX [%]	PITCHFC [mm]
11,00	114,24	5,83	1,19	27,99	0,387	39,69	2,0	2,0	5086,6
12,00	96,00	4,96	1,01	30,35	0,419	46,57	2,1	2,1	5091,7
13,00	81,80	4,27	0,87	32,70	0,454	53,94 !	2,6	2,6	5096,5
13,50	75,85	3,99	0,82	33,86	0,472	57,80 !!	2,8	2,8	5098,8
14,00	70,53	3,73	0,76	35,02	0,491	61,78 !!	3,1	3,1	5101,0
14,50	65,75	3,49	0,71	36,18	0,510	65,87 !!	3,5	3,5	5103,3
15,00	61,44	3,28	0,67	37,33	0,530	70,07 !!	3,8	3,8	5105,4
+ 15,50 +	57,54	3,09	0,63	38,48	0,550	74,38 !!	4,2	4,2	5107,6
16,00	54,00	2,91	0,60	39,63	0,571	78,80 !!	4,6	4,6	5109,7
16,50	50,78	2,70	0,55	41,13	0,600	85,10 !!	5,3	5,3	5104,1
PROPULSOR COEFS									
SPEED [kt]	J	KT	KQ	KT/J2	KQ/J3	CTH	CP	RNPROP	
11,00	0,2260	0,2178	0,02437	4,2665	2,1123	10,865	33,134	5,52e7	
12,00	0,2273	0,2174	0,02433	4,2068	2,0713	10,712	32,491	5,99e7	
13,00	0,2286	0,2169	0,02429	4,1514	2,0335	10,571	31,899	6,45e7	
13,50	0,2292	0,2167	0,02427	4,125	2,0157	10,504	31,618	6,68e7	
14,00	0,2298	0,2165	0,02426	4,0995	1,9984	10,439	31,347	6,91e7	
14,50	0,2304	0,2163	0,02424	4,0747	1,9816	10,376	31,084	7,14e7	
15,00	0,2310	0,2161	0,02422	4,0505	1,9654	10,314	30,829	7,36e7	
+ 15,50 +	0,2316	0,2159	0,02421	4,0269	1,9495	10,254	30,58	7,59e7	
16,00	0,2321	0,2157	0,02419	4,0038	1,934	10,195	30,337	7,82e7	
16,50	0,2306	0,2162	0,02423	4,0655	1,9755	10,353	30,988	8,11e7	

# Propulsion

23 feb 2021 11:13

HydroComp NavCad 2018

Project ID **Petrolero 275000TPM**

Description

File name **Navcad Petrolero 275000 TPM feb 2021.hcnc**

## Hull data

General		Planing	
Configuration:	<b>Monohull</b>	Proj chine length:	0,000 m
Chine type:	<b>Round/multiple</b>	Proj bottom area:	0,000 m <sup>2</sup>
Length on WL:	<b>309,000 m</b>	LCG fwd TR:	[XCG/LP 0,000] 0,000 m
Max beam on WL:	[LWL/BWL 5,469] <b>56,500 m</b>	VCG below WL:	0,000 m
Max molded draft:	[BWL/T 2,572] <b>21,970 m</b>	Aft station (fwd TR):	0,000 m
Displacement:	[CB 0,862] <b>339242,00 t</b>	Deadrise:	0,00 deg
Wetted surface:	[CS 2,733] <b>27623,151 m<sup>2</sup></b>	Chine beam:	0,000 m
<b>ITTC-78 (CT)</b>		Chine ht below WL:	0,000 m
LCB fwd TR:	[XCB/LWL 0,499] <b>154,311 m</b>	Fwd station (fwd TR):	0,000 m
LCF fwd TR:	[XCF/LWL 0,486] <b>150,080 m</b>	Deadrise:	0,00 deg
Max section area:	[CX 0,986] <b>1223,996 m<sup>2</sup></b>	Chine beam:	0,000 m
Waterplane area:	[CWP 0,934] <b>16302,609 m<sup>2</sup></b>	Chine ht below WL:	0,000 m
Bulb section area:	<b>0,000 m<sup>2</sup></b>	Propulsor type:	<b>Propeller</b>
Bulb ctr below WL:	<b>0,000 m</b>	Max prop diameter:	10130,0 mm
Bulb nose fwd TR:	<b>0,000 m</b>	Shaft angle to WL:	0,00 deg
Imm transom area:	[ATR/AX 0,005] <b>6,480 m<sup>2</sup></b>	Position fwd TR:	0,000 m
Transom beam WL:	[BTR/BWL 0,042] <b>2,400 m</b>	Position below WL:	0,000 m
Transom immersion:	[TTR/T 0,123] <b>2,700 m</b>	Transom lift device:	<b>Flap</b>
Half entrance angle:	<b>86,00 deg</b>	Device count:	0
Bow shape factor:	[WL flow] <b>1,0</b>	Span:	0,000 m
Stern shape factor:	[WL flow] <b>1,0</b>	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:	<b>1</b>	Oblique angle corr:	<b>Off</b>
Propulsor type:	<b>Propeller series</b>	Shaft angle to WL:	<b>0,00 deg</b>
Propeller type:	<b>FPP</b>	Added rise of run:	<b>0,00 deg</b>
Propeller series:	<b>B Series</b>	Propeller cup:	<b>0,0 mm</b>
Propeller sizing:	<b>By power</b>	KTKQ corrections:	<b>Custom</b>
Reference prop:		Scale correction:	<b>None</b>
Blade count:	<b>4</b>	KT multiplier:	<b>1,000</b>
Expanded area ratio:	<b>0,5690</b> [Size]	KQ multiplier:	<b>1,000</b>
Propeller diameter:	<b>10130,0 mm</b> [Size]	Blade T/C [0.7R]:	<b>0,00</b>
Propeller mean pitch:	[P/D 0,6791] <b>6879,5 mm</b> [Size]	Roughness:	<b>0,00 mm</b>
Hub immersion:	<b>13702,9 mm</b>	Cav breakdown:	<b>Off</b>
<b>Engine/gear</b>		<b>Design condition [By power]</b>	
Drive line:	<b>Direct drive</b>	Max prop diam:	<b>10130,0 mm</b>
Gear input:	<b>No gearbox</b>	Design speed:	<b>15,50 kt</b>
Engine data:	<b>Untitled Engine Obj...</b>	Reference power:	<b>37680,0 kW</b>
Rated RPM:	<b>58 RPM</b>	Design point:	<b>0,850</b>
Rated power:	<b>37680,0 kW</b>	Reference RPM:	<b>58,0 RPM</b>
Primary fuel:	<b>Defined</b>	Design point:	<b>1,030</b>
Secondary fuel:	<b>None</b>	Shaft RPM:	<b>74,2 RPM</b> [Size]
Gear efficiency:	<b>1,000</b>		
Load correction:	<b>Off</b>		
Gear ratio:	<b>1,000</b>		
Shaft efficiency:	<b>0,970</b>		

# Propulsion

23 feb 2021 11:13

HydroComp NavCad 2018

Project ID **Petrolero 275000TPM**

Description

File name **Navcad Petrolero 275000 TPM feb 2021.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

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



## **11 ANEXO IV: INFORME HÉLICE Z=5**

# Propulsion

23 feb 2021 11:12

HydroComp NavCad 2018

Project ID **Petrolero 275000TPM**

Description

File name **Navcad Petrolero 275000 TPM feb 2021.hcnc**

## Analysis parameters

Hull-propulsor interaction		System analysis	
Technique:	[Calc] Prediction	Cavitation criteria:	Keller eqn
Prediction:	Andersen	Analysis type:	Free run
Reference ship:		CPP method:	
Max prop diam:	10130,0 mm	Engine RPM:	
<b>Corrections</b>		Mass multiplier:	
Viscous scale corr:	[Off]	RPM constraint:	
Rudder location:		Limit [RPM/s]:	
Friction line:		<b>Water properties</b>	
Hull form factor:		Water type:	Salt
Corr allowance:		Density:	1026,00 kg/m3
Roughness [mm]:		Viscosity:	1,18920e-6 m2/s
Ducted prop corr:	[Off]		
Tunnel stern corr:	[Off]		

## Prediction method check [Andersen]

Parameters	FN [design]	CVOL	CB	LWL/BWL
Value	0,14	4,47	0,86	5,47
Range	0,05-0,33	4,00-6,00	0,55-0,85	5,00-8,00

## 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]
11,00	7586,4	0,6443	0,2635	1,0200	50	11371,3	30,2	---	---
12,00	9711,2	0,6443	0,2635	1,0200	54	14477,3	38,4	---	---
13,00	12184,3	0,6443	0,2635	1,0200	58	18071,8	48,0	---	---
13,50	13558,4	0,6443	0,2635	1,0200	60	20060,8	53,2	---	---
14,00	15027,8	0,6443	0,2635	1,0200	63	22182,0	58,9	---	---
14,50	16595,0	0,6443	0,2635	1,0200	65	24438,4	64,9	---	---
15,00	18262,6	0,6443	0,2635	1,0200	67	26833,1	71,2	---	---
+ 15,50 +	20032,9	0,6443	0,2635	1,0200	69	29368,5	77,9	---	---
16,00	21908,4	0,6443	0,2635	1,0200	71	32047,3	85,1	---	---
16,50	24397,9	0,6443	0,2635	1,0200	73	35898,0	95,3	---	---
SPEED [kt]	EFFICIENCY			THRUST					
	EFFO	EFFOA	MERIT	THRPROP [kN]	DELTHR [kN]				
11,00	0,3257	0,6672	0,75915	1820,35	1340,61				
12,00	0,3275	0,6708	0,75792	2136,03	1573,09				
13,00	0,3292	0,6742	0,75676	2473,85	1821,88				
13,50	0,3300	0,6759	0,7562	2650,89	1952,26				
14,00	0,3308	0,6775	0,75565	2833,24	2086,55				
14,50	0,3315	0,6791	0,75512	3020,82	2224,70				
15,00	0,3323	0,6806	0,75459	3213,57	2366,65				
+ 15,50 +	0,3330	0,6821	0,75407	3411,37	2512,32				
16,00	0,3338	0,6836	0,75356	3614,14	2661,65				
16,50	0,3318	0,6796	0,75492	3902,84	2874,26				
SPEED [kt]	POWER DELIVERY								TRANSP
	RPMPROP [RPM]	QPROP [kN·m]	QENG [kN·m]	PDPROP [kW]	PSPROP [kW]	PSTOTAL [kW]	PBTOTAL [kW]		
11,00	50	2149,92	2149,92	11030,1	11371,3	11371,3	11371,3	---	
12,00	54	2524,15	2524,15	14043,0	14477,3	14477,3	14477,3	---	
13,00	58	2924,90	2924,90	17529,6	18071,8	18071,8	18071,8	---	
13,50	60	3135,01	3135,01	19459,0	20060,8	20060,8	20060,8	---	
14,00	63	3351,50	3351,50	21516,6	22182,0	22182,0	22182,0	---	
14,50	65	3574,28	3574,28	23705,3	24438,4	24438,4	24438,4	---	
15,00	67	3803,26	3803,26	26028,1	26833,1	26833,1	26833,1	956,7	
+ 15,50 +	69	4038,32	4038,32	28487,5	29368,5	29368,5	29368,5	903,3	
16,00	71	4279,36	4279,36	31085,9	32047,3	32047,3	32047,3	854,5	
16,50	73	4618,31	4618,31	34821,1	35898,0	35898,0	35898,0	786,7	

# Propulsion

23 feb 2021 11:12

HydroComp NavCad 2018

Project ID **Petrolero 275000TPM**

Description

File name **Navcad Petrolero 275000 TPM feb 2021.hcnc**

## Prediction results [Propulsor]

CAVITATION									
SPEED [kt]	SIGMAV	SIGMAN	SIGMA07R	TIPSPEED [m/s]	MINBAR	PRESS [kPa]	CAVAVG [%]	CAVMAX [%]	PITCHFC [mm]
11,00	114,24	6,50	1,33	26,51	0,409	36,59	2,0	2,0	5371,2
12,00	96,00	5,53	1,13	28,74	0,445	42,94	2,0	2,0	5376,6
13,00	81,80	4,77	0,97	30,96	0,484	49,73	2,4	2,4	5381,6
13,50	75,85	4,44	0,91	32,07	0,505	53,29 !	2,6	2,6	5384,1
14,00	70,53	4,15	0,85	33,17	0,526	56,95 !!	2,9	2,9	5386,4
14,50	65,75	3,89	0,80	34,26	0,547	60,72 !!	3,2	3,2	5388,8
15,00	61,44	3,66	0,75	35,36	0,569	64,60 !!	3,5	3,5	5391,1
+ 15,50 +	57,54	3,44	0,70	36,44	0,592	68,57 !!	3,8	3,8	5393,3
16,00	54,00	3,24	0,66	37,53	0,615	72,65 !!	4,2	4,2	5395,6
16,50	50,78	3,01	0,62	38,95	0,648	78,45 !!	4,8	4,8	5389,6
PROPULSOR COEFS									
SPEED [kt]	J	KT	KQ	KT/J2	KQ/J3	CTH	CP	RNPROP	
11,00	0,2386	0,2429	0,02832	4,2665	2,0848	10,865	32,702	4,54e7	
12,00	0,2400	0,2424	0,02827	4,2068	2,0444	10,712	32,069	4,92e7	
13,00	0,2414	0,2419	0,02823	4,1513	2,0072	10,571	31,486	5,30e7	
13,50	0,2420	0,2417	0,02821	4,125	1,9896	10,504	31,21	5,49e7	
14,00	0,2427	0,2414	0,02819	4,0995	1,9726	10,439	30,943	5,68e7	
14,50	0,2433	0,2412	0,02817	4,0747	1,9561	10,376	30,684	5,87e7	
15,00	0,2439	0,2410	0,02815	4,0505	1,9401	10,314	30,433	6,06e7	
+ 15,50 +	0,2445	0,2408	0,02814	4,0269	1,9245	10,254	30,188	6,24e7	
16,00	0,2451	0,2406	0,02812	4,0038	1,9092	10,195	29,949	6,43e7	
16,50	0,2435	0,2411	0,02817	4,0655	1,9501	10,353	30,589	6,67e7	

# Propulsion

23 feb 2021 11:12

HydroComp NavCad 2018

Project ID **Petrolero 275000TPM**

Description

File name **Navcad Petrolero 275000 TPM feb 2021.hcnc**

## Hull data

General		Planing	
Configuration:	<b>Monohull</b>	Proj chine length:	0,000 m
Chine type:	<b>Round/multiple</b>	Proj bottom area:	0,000 m <sup>2</sup>
Length on WL:	<b>309,000 m</b>	LCG fwd TR:	[XCG/LP 0,000] 0,000 m
Max beam on WL:	[LWL/BWL 5,469] <b>56,500 m</b>	VCG below WL:	0,000 m
Max molded draft:	[BWL/T 2,572] <b>21,970 m</b>	Aft station (fwd TR):	0,000 m
Displacement:	[CB 0,862] <b>339242,00 t</b>	Deadrise:	0,00 deg
Wetted surface:	[CS 2,733] <b>27623,151 m<sup>2</sup></b>	Chine beam:	0,000 m
<b>ITTC-78 (CT)</b>		Chine ht below WL:	0,000 m
LCB fwd TR:	[XCB/LWL 0,499] <b>154,311 m</b>	Fwd station (fwd TR):	0,000 m
LCF fwd TR:	[XCF/LWL 0,486] <b>150,080 m</b>	Deadrise:	0,00 deg
Max section area:	[CX 0,986] <b>1223,996 m<sup>2</sup></b>	Chine beam:	0,000 m
Waterplane area:	[CWP 0,934] <b>16302,609 m<sup>2</sup></b>	Chine ht below WL:	0,000 m
Bulb section area:	<b>0,000 m<sup>2</sup></b>	Propulsor type:	<b>Propeller</b>
Bulb ctr below WL:	<b>0,000 m</b>	Max prop diameter:	10130,0 mm
Bulb nose fwd TR:	<b>0,000 m</b>	Shaft angle to WL:	0,00 deg
Imm transom area:	[ATR/AX 0,005] <b>6,480 m<sup>2</sup></b>	Position fwd TR:	0,000 m
Transom beam WL:	[BTR/BWL 0,042] <b>2,400 m</b>	Position below WL:	0,000 m
Transom immersion:	[TTR/T 0,123] <b>2,700 m</b>	Transom lift device:	<b>Flap</b>
Half entrance angle:	<b>86,00 deg</b>	Device count:	0
Bow shape factor:	[WL flow] <b>1,0</b>	Span:	0,000 m
Stern shape factor:	[WL flow] <b>1,0</b>	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:	<b>1</b>	Oblique angle corr:	<b>Off</b>
Propulsor type:	<b>Propeller series</b>	Shaft angle to WL:	<b>0,00 deg</b>
Propeller type:	<b>FPP</b>	Added rise of run:	<b>0,00 deg</b>
Propeller series:	<b>B Series</b>	Propeller cup:	<b>0,0 mm</b>
Propeller sizing:	<b>By power</b>	KTKQ corrections:	<b>Custom</b>
Reference prop:		Scale correction:	<b>None</b>
Blade count:	<b>5</b>	KT multiplier:	<b>1,000</b>
Expanded area ratio:	<b>0,6173</b> [Size]	KQ multiplier:	<b>1,000</b>
Propeller diameter:	<b>10130,0 mm</b> [Size]	Blade T/C [0.7R]:	<b>0,00</b>
Propeller mean pitch:	[P/D 0,7143] <b>7236,2 mm</b> [Size]	Roughness:	<b>0,00 mm</b>
Hub immersion:	<b>13702,9 mm</b>	Cav breakdown:	<b>Off</b>
<b>Engine/gear</b>		<b>Design condition [By power]</b>	
Drive line:	<b>Direct drive</b>	Max prop diam:	<b>10130,0 mm</b>
Gear input:	<b>No gearbox</b>	Design speed:	<b>15,50 kt</b>
Engine data:	<b>Untitled Engine Obj...</b>	Reference power:	<b>37680,0 kW</b>
Rated RPM:	<b>58 RPM</b>	Design point:	<b>0,850</b>
Rated power:	<b>37680,0 kW</b>	Reference RPM:	<b>58,0 RPM</b>
Primary fuel:	<b>Defined</b>	Design point:	<b>1,030</b>
Secondary fuel:	<b>None</b>	Shaft RPM:	<b>70,6 RPM</b> [Size]
Gear efficiency:	<b>1,000</b>		
Load correction:	<b>Off</b>		
Gear ratio:	<b>1,000</b>		
Shaft efficiency:	<b>0,970</b>		

# Propulsion

23 feb 2021 11:12

HydroComp NavCad 2018

Project ID **Petrolero 275000TPM**

Description

File name **Navcad Petrolero 275000 TPM feb 2021.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

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

## **12 ANEXO V: INFORME HÉLICE Z=6**

# Propulsion

23 feb 2021 11:09

HydroComp NavCad 2018

Project ID **Petrolero 275000TPM**

Description

File name **Navcad Petrolero 275000 TPM feb 2021.hcnc**

## Analysis parameters

Hull-propulsor interaction		System analysis	
Technique:	[Calc] Prediction	Cavitation criteria:	Keller eqn
Prediction:	Andersen	Analysis type:	Free run
Reference ship:		CPP method:	
Max prop diam:	10130,0 mm	Engine RPM:	
<b>Corrections</b>		Mass multiplier:	
Viscous scale corr:	[Off]	RPM constraint:	
Rudder location:		Limit [RPM/s]:	
Friction line:		<b>Water properties</b>	
Hull form factor:		Water type:	Salt
Corr allowance:		Density:	1026,00 kg/m3
Roughness [mm]:		Viscosity:	1,18920e-6 m2/s
Ducted prop corr:	[Off]		
Tunnel stern corr:	[Off]		

## Prediction method check [Andersen]

Parameters	FN [design]	CVOL	CB	LWL/BWL
Value	0,14	4,47	0,86	5,47
Range	0,05-0,33	4,00-6,00	0,55-0,85	5,00-8,00

## 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]
11,00	7586,4	0,6443	0,2635	1,0200	47	11341,7	30,1	---	---
12,00	9711,2	0,6443	0,2635	1,0200	51	14439,8	38,3	---	---
13,00	12184,3	0,6443	0,2635	1,0200	55	18025,3	47,8	---	---
13,50	13558,4	0,6443	0,2635	1,0200	57	20009,4	53,1	---	---
14,00	15027,8	0,6443	0,2635	1,0200	59	22125,3	58,7	---	---
14,50	16595,0	0,6443	0,2635	1,0200	61	24376,1	64,7	---	---
15,00	18262,6	0,6443	0,2635	1,0200	63	26764,9	71,0	---	---
+ 15,50 +	20032,9	0,6443	0,2635	1,0200	65	29294,0	77,7	---	---
16,00	21908,4	0,6443	0,2635	1,0200	67	31966,3	84,8	---	---
16,50	24397,9	0,6443	0,2635	1,0200	70	35806,9	95,0	---	---
SPEED [kt]	EFFICIENCY			THRUST					
	EFFO	EFFOA	MERIT	THRPROP [kN]	DELTHR [kN]				
11,00	0,3266	0,6689	0,76113	1820,35	1340,61				
12,00	0,3283	0,6725	0,75989	2136,03	1573,09				
13,00	0,3300	0,6760	0,75871	2473,85	1821,88				
13,50	0,3308	0,6776	0,75815	2650,89	1952,26				
14,00	0,3316	0,6792	0,75759	2833,24	2086,55				
14,50	0,3324	0,6808	0,75705	3020,82	2224,70				
15,00	0,3331	0,6823	0,75651	3213,57	2366,65				
+ 15,50 +	0,3339	0,6839	0,75599	3411,37	2512,32				
16,00	0,3346	0,6854	0,75547	3614,14	2661,65				
16,50	0,3327	0,6814	0,75685	3902,86	2874,28				
SPEED [kt]	POWER DELIVERY								TRANSP
	RPMPROP [RPM]	QPROP [kN·m]	QENG [kN·m]	PDPROP [kW]	PSPROP [kW]	PSTOTAL [kW]	PBTOTAL [kW]		
11,00	47	2265,31	2265,31	11001,4	11341,7	11341,7	11341,7	---	
12,00	51	2659,66	2659,66	14006,6	14439,8	14439,8	14439,8	---	
13,00	55	3081,96	3081,96	17484,6	18025,3	18025,3	18025,3	---	
13,50	57	3303,37	3303,37	19409,1	20009,4	20009,4	20009,4	---	
14,00	59	3531,50	3531,50	21461,5	22125,3	22125,3	22125,3	---	
14,50	61	3766,27	3766,27	23644,8	24376,1	24376,1	24376,1	---	
15,00	63	4007,57	4007,57	25961,9	26764,9	26764,9	26764,9	959,2	
+ 15,50 +	65	4255,28	4255,28	28415,2	29294,0	29294,0	29294,0	905,6	
16,00	67	4509,29	4509,29	31007,3	31966,3	31966,3	31966,3	856,6	
16,50	70	4866,42	4866,42	34732,7	35806,9	35806,9	35806,9	788,7	

# Propulsion

23 feb 2021 11:09

HydroComp NavCad 2018

Project ID **Petrolero 275000TPM**

Description

File name **Navcad Petrolero 275000 TPM feb 2021.hcnc**

## Prediction results [Propulsor]

CAVITATION									
SPEED [kt]	SIGMAV	SIGMAN	SIGMA07R	TIPSPEED [m/s]	MINBAR	PRESS [kPa]	CAVAVG [%]	CAVMAX [%]	PITCHFC [mm]
11,00	114,24	7,26	1,48	25,09	0,432	34,08	2,0	2,0	5674,3
12,00	96,00	6,17	1,26	27,21	0,472	39,98	2,0	2,0	5679,9
13,00	81,80	5,32	1,09	29,31	0,515	46,31	2,3	2,3	5685,2
13,50	75,85	4,96	1,01	30,35	0,537	49,62	2,6	2,6	5687,8
14,00	70,53	4,64	0,95	31,40	0,560	53,04 !	2,8	2,8	5690,3
14,50	65,75	4,34	0,89	32,43	0,584	56,55 !	3,1	3,1	5692,7
15,00	61,44	4,08	0,83	33,47	0,609	60,16 !!	3,4	3,4	5695,2
+ 15,50 +	57,54	3,84	0,78	34,50	0,634	63,86 !!	3,7	3,7	5697,5
16,00	54,00	3,62	0,74	35,53	0,660	67,65 !!	4,0	4,0	5699,9
16,50	50,78	3,36	0,69	36,87	0,696	73,06 !!	4,6	4,6	5693,7
PROPULSOR COEFS									
SPEED [kt]	J	KT	KQ	KT/J2	KQ/J3	CTH	CP	RNPROP	
11,00	0,2521	0,2711	0,03330	4,2665	2,0793	10,865	32,617	3,85e7	
12,00	0,2536	0,2705	0,03325	4,2068	2,0391	10,712	31,987	4,17e7	
13,00	0,2550	0,2700	0,03320	4,1513	2,0021	10,571	31,405	4,49e7	
13,50	0,2557	0,2697	0,03318	4,125	1,9845	10,504	31,13	4,65e7	
14,00	0,2564	0,2694	0,03315	4,0995	1,9676	10,439	30,864	4,81e7	
14,50	0,2570	0,2692	0,03313	4,0747	1,9511	10,376	30,606	4,97e7	
15,00	0,2577	0,2689	0,03311	4,0505	1,9352	10,314	30,356	5,13e7	
+ 15,50 +	0,2583	0,2687	0,03309	4,0269	1,9196	10,254	30,112	5,29e7	
16,00	0,2589	0,2685	0,03306	4,0038	1,9044	10,195	29,873	5,45e7	
16,50	0,2573	0,2691	0,03312	4,0655	1,9451	10,353	30,511	5,65e7	



# Propulsion

23 feb 2021 11:09

HydroComp NavCad 2018

Project ID **Petrolero 275000TPM**

Description

File name **Navcad Petrolero 275000 TPM feb 2021.hcnc**

## Hull data

General		Planing	
Configuration:	<b>Monohull</b>	Proj chine length:	0,000 m
Chine type:	<b>Round/multiple</b>	Proj bottom area:	0,000 m <sup>2</sup>
Length on WL:	<b>309,000 m</b>	LCG fwd TR:	[XCG/LP 0,000] 0,000 m
Max beam on WL:	[LWL/BWL 5,469] <b>56,500 m</b>	VCG below WL:	0,000 m
Max molded draft:	[BWL/T 2,572] <b>21,970 m</b>	Aft station (fwd TR):	0,000 m
Displacement:	[CB 0,862] <b>339242,00 t</b>	Deadrise:	0,00 deg
Wetted surface:	[CS 2,733] <b>27623,151 m<sup>2</sup></b>	Chine beam:	0,000 m
<b>ITTC-78 (CT)</b>		Chine ht below WL:	0,000 m
LCB fwd TR:	[XCB/LWL 0,499] <b>154,311 m</b>	Fwd station (fwd TR):	0,000 m
LCF fwd TR:	[XCF/LWL 0,486] <b>150,080 m</b>	Deadrise:	0,00 deg
Max section area:	[CX 0,986] <b>1223,996 m<sup>2</sup></b>	Chine beam:	0,000 m
Waterplane area:	[CWP 0,934] <b>16302,609 m<sup>2</sup></b>	Chine ht below WL:	0,000 m
Bulb section area:	<b>0,000 m<sup>2</sup></b>	Propulsor type:	<b>Propeller</b>
Bulb ctr below WL:	<b>0,000 m</b>	Max prop diameter:	10130,0 mm
Bulb nose fwd TR:	<b>0,000 m</b>	Shaft angle to WL:	0,00 deg
Imm transom area:	[ATR/AX 0,005] <b>6,480 m<sup>2</sup></b>	Position fwd TR:	0,000 m
Transom beam WL:	[BTR/BWL 0,042] <b>2,400 m</b>	Position below WL:	0,000 m
Transom immersion:	[TTR/T 0,123] <b>2,700 m</b>	Transom lift device:	<b>Flap</b>
Half entrance angle:	<b>86,00 deg</b>	Device count:	0
Bow shape factor:	[WL flow] <b>1,0</b>	Span:	0,000 m
Stern shape factor:	[WL flow] <b>1,0</b>	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:	<b>1</b>	Oblique angle corr:	<b>Off</b>
Propulsor type:	<b>Propeller series</b>	Shaft angle to WL:	<b>0,00 deg</b>
Propeller type:	<b>FPP</b>	Added rise of run:	<b>0,00 deg</b>
Propeller series:	<b>B Series</b>	Propeller cup:	<b>0,0 mm</b>
Propeller sizing:	<b>By power</b>	KTKQ corrections:	<b>Custom</b>
Reference prop:		Scale correction:	<b>None</b>
Blade count:	<b>6</b>	KT multiplier:	<b>1,000</b>
Expanded area ratio:	<b>0,6628</b> [Size]	KQ multiplier:	<b>1,000</b>
Propeller diameter:	<b>10130,0 mm</b> [Size]	Blade T/C [0.7R]:	<b>0,00</b>
Propeller mean pitch:	[P/D 0,7567] <b>7665,5 mm</b> [Size]	Roughness:	<b>0,00 mm</b>
Hub immersion:	<b>13702,9 mm</b>	Cav breakdown:	<b>Off</b>
<b>Engine/gear</b>		<b>Design condition [By power]</b>	
Drive line:	<b>Direct drive</b>	Max prop diam:	<b>10130,0 mm</b>
Gear input:	<b>No gearbox</b>	Design speed:	<b>15,50 kt</b>
Engine data:	<b>Untitled Engine Obj...</b>	Reference power:	<b>37680,0 kW</b>
Rated RPM:	<b>58 RPM</b>	Design point:	<b>0,850</b>
Rated power:	<b>37680,0 kW</b>	Reference RPM:	<b>58,0 RPM</b>
Primary fuel:	<b>Defined</b>	Design point:	<b>1,030</b>
Secondary fuel:	<b>None</b>	Shaft RPM:	<b>66,8 RPM</b> [Size]
Gear efficiency:	<b>1,000</b>		
Load correction:	<b>Off</b>		
Gear ratio:	<b>1,000</b>		
Shaft efficiency:	<b>0,970</b>		

# Propulsion

23 feb 2021 11:09

HydroComp NavCad 2018

Project ID **Petrolero 275000TPM**

Description

File name **Navcad Petrolero 275000 TPM feb 2021.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

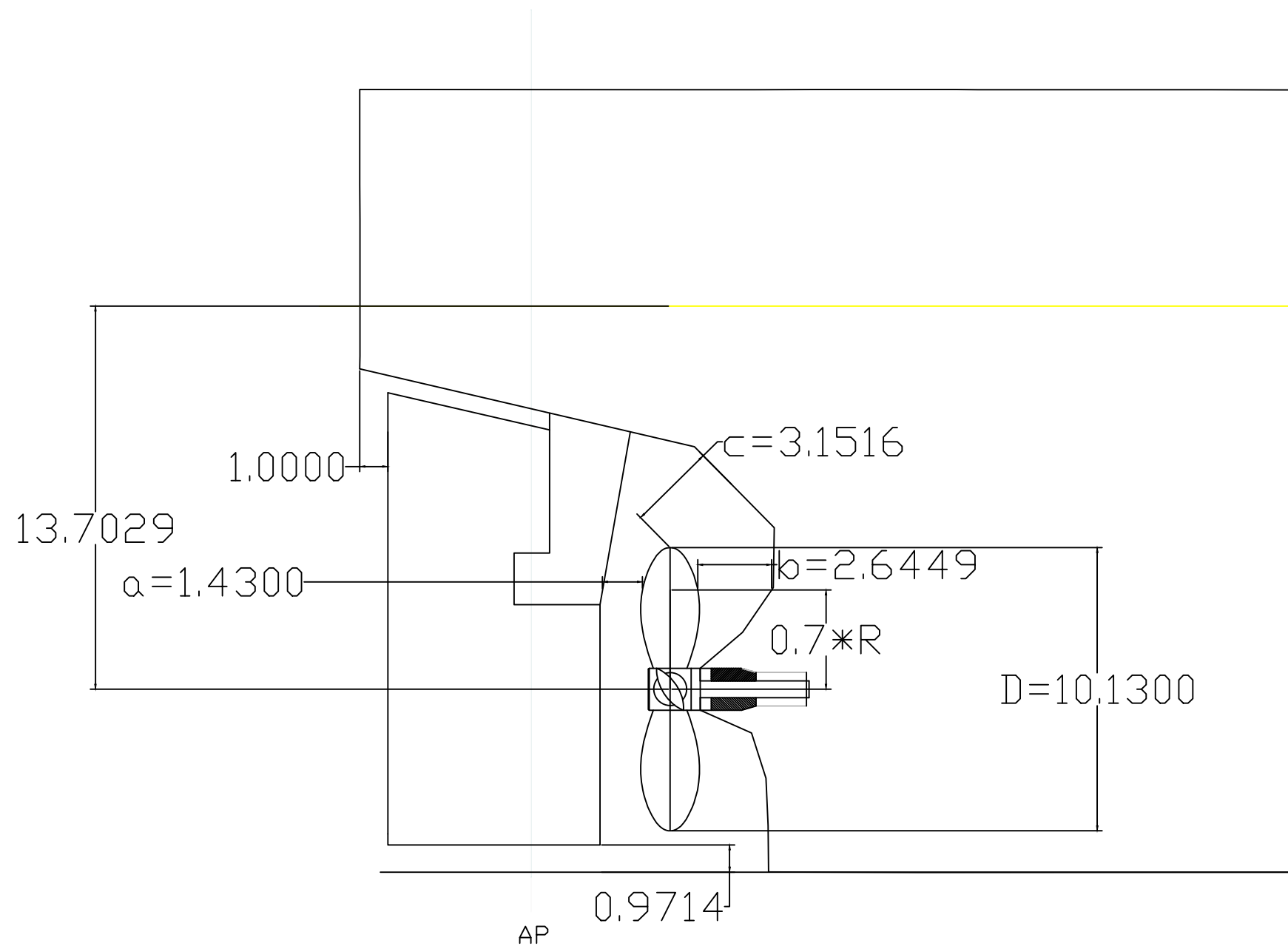
THRPROP = Open-water thrust per propulsor  
DELTHR = Total vessel delivered thrust

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

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

## **13 ANEXO VI: PLANO CONTORNO DE POPA**



UNIVERSIDAD:  
ESCUELA POLITÉCNICA  
SUPERIOR, UDC



TRABAJO FIN DE GRADO:  
PETROLERO DE CRUDO DE 275000 TPM

PLANO:  
PLANO DE CODASTE

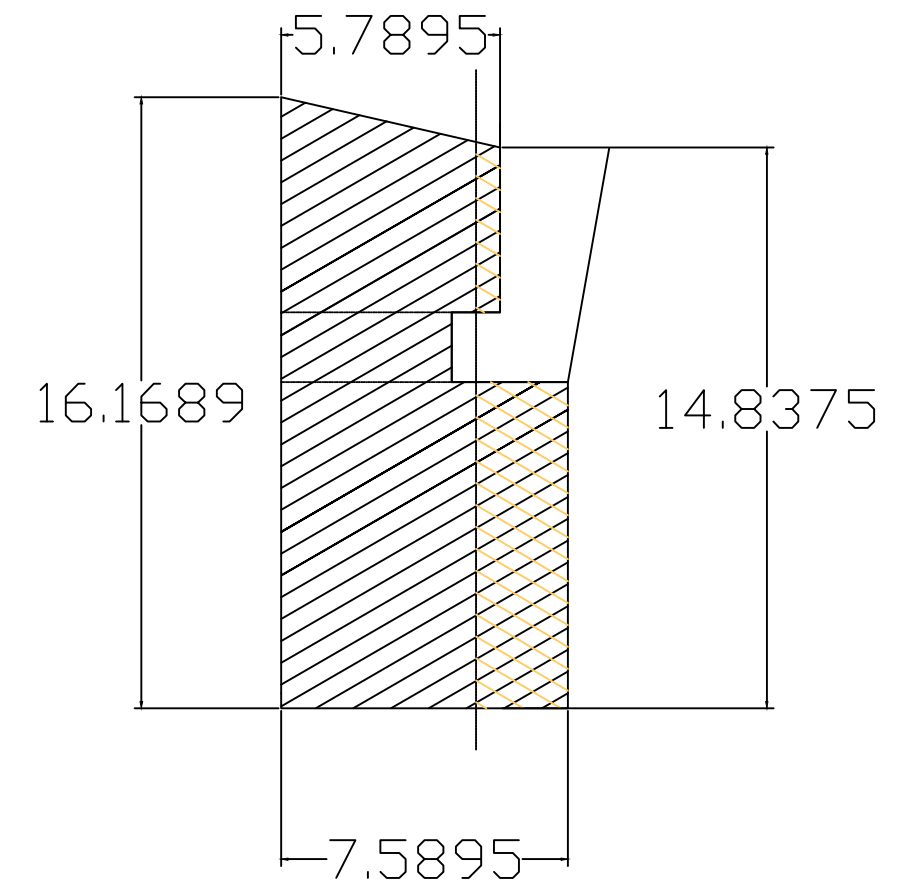
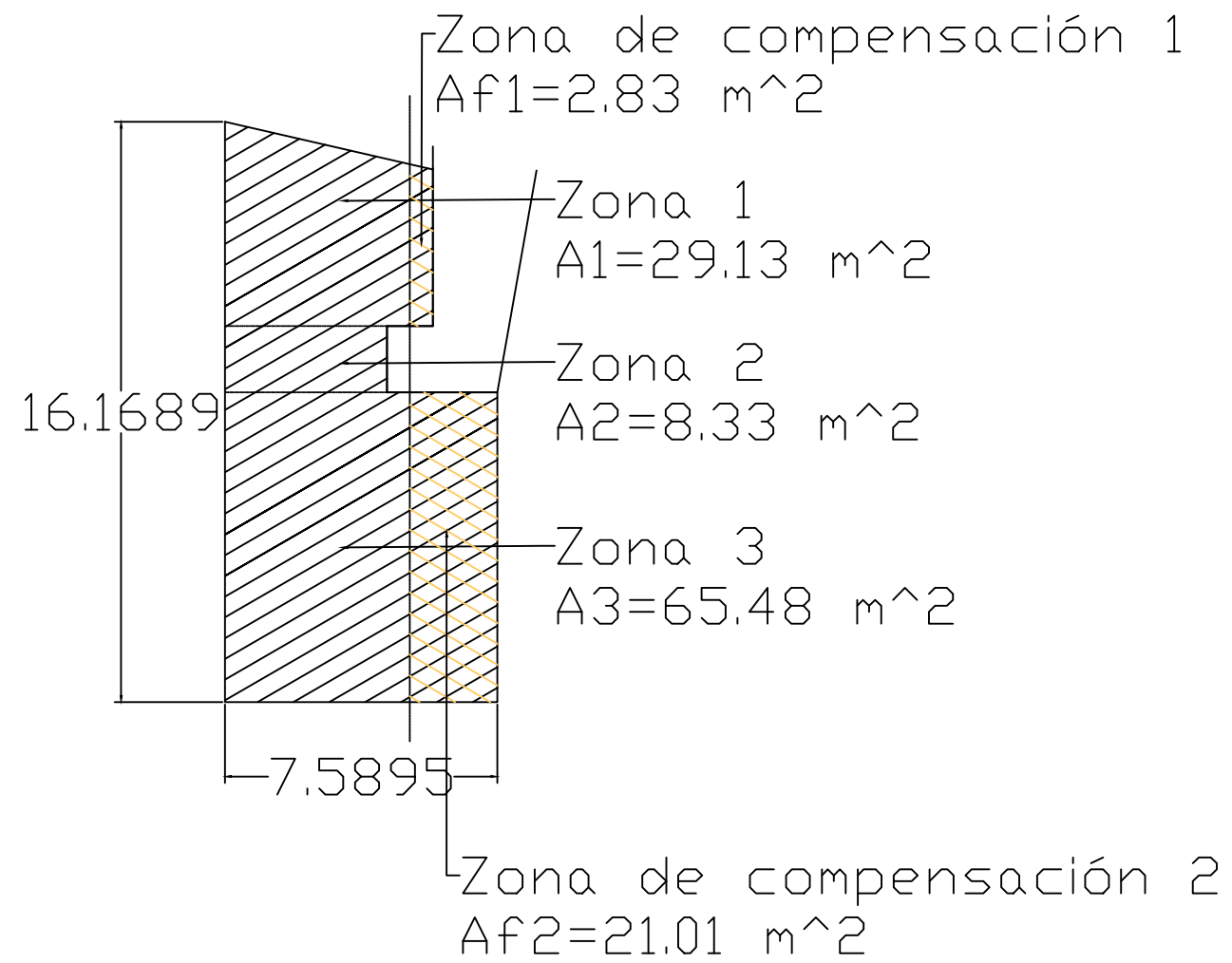
RIVAS CABANAS  
MINERVA -  
34284839G  
Firmado digitalmente por  
RIVAS CABANAS MINERVA -  
34284839G  
Fecha: 2021.07.21 16:42:15  
+02'00'



ALUMNO/A:  
MINERVA RIVAS CABANAS

FECHA:  
20-02-2021

ESCALA: HOJA:  
1:200 2

## **14 ANEXO VII: PLANO TIMÓN**



 UNIVERSIDADE DA CORUÑA	UNIVERSIDAD: ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR, UDC			
	TRABAJO FIN DE GRADO: PETROLERO DE CRUDO DE 275000 TPM			
PLANO: Timón	RIVAS CABANAS MINERVA - 34284839G		Firmado digitalmente por RIVAS CABANAS MINERVA Fecha: 2021.07.21 16:43:26 +02'00'	
ALUMNO/A: MINERVA RIVAS CABANAS	FECHA: 26-02-2021	ESCALA: 1:200	HOJA: 1	