

**ESCOLA POLITÉCNICA SUPERIOR
UNIVERSIDADE DA CORUÑA**



BUQUE ATUNERO 1200 TN

CUADERNO 6

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

ALUMNO: AITOR RAMIL VIZOSO

TUTOR: D. FERNANDO LAGO RODRIGUEZ

ÍNDICE

RPA	2
INTRODUCCIÓN.....	3
CÁLCULO DE LA RESISTENCIA AL AVANCE.....	3
JUSTIFICACIÓN DE LOS DATOS DE ENTRADA	4
RESULTADOS.....	5
CÁLCULO DEL PROPULSOR.....	6
JUSTIFICACIÓN DE LOS DATOS DE ENTRADA	6
RESULTADOS.....	7
CLARAS ENTRE EL PROPULSOR Y EL CODASTE	9
DISEÑO DEL TIMÓN	10
GEOMETRÍA	10
Superficie de la pala del timón.....	11
Contorno del timón	11
Perfil del timón.....	12
PAR TORSOR Y FUERZA SOBRE LA PALA DEL TIMÓN	13

RPA

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA NAVAL Y OCEÁNICA
GRADO EN INGENIERÍA DE PROPULSIÓN Y SERVICIOS DEL BUQUE

CURSO 2.014-2015

PROYECTO NÚMERO: 13-P8

TIPO DE BUQUE: ATUNERO

CLASIFICACIÓN, COTA Y REGLAMENTOS DE APLICACIÓN: Bureau Veritas, SOLAS, MARPOL.

CARACTERÍSTICAS DE LA CARGA: 1200 Tn.

VELOCIDAD Y AUTONOMÍA: 16,5 nudos al 85% MCR y 15% de Margen de Mar.
Autonomía de 8500 millas.

SISTEMAS Y EQUIPOS DE CARGA / DESCARGA: Escotilla en cubierta.

PROPULSIÓN: Una línea de ejes accionada por motor diésel.

TRIPULACIÓN Y PASAJE: 26 tripulantes.

OTROS EQUIPOS E INSTALACIONES: Hélice transversal en proa.

Ferrol, Enero de 2.016.

ALUMNO: Aitor Ramil Vizoso.

INTRODUCCIÓN

En el presente cuaderno se realizará una estimación de la potencia propulsora del buque. Esta potencia deberá ser tal que el buque satisfaga los requisitos de proyecto de velocidad. Así el buque deberá ser capaz de navegar a 16,5 nudos a un 85% de la potencia máxima continua del motor.

A partir de estos datos, se procederá a seleccionar un motor principal que cumpla con los requisitos antes expuestos.

Por otra parte, se justificará el diseño y dimensiones de la hélice propulsora principal.

Por último, se estudiarán las dimensiones y características del timón apoyándose en el reglamento ofrecido por la sociedad de clasificación Bureau Veritas.

Como base para la realización de este cuaderno se incluyen las dimensiones principales del buque, obtenidas en el Cuaderno 1: *“Dimensionamiento preliminar y elección de la cifra de mérito”*; así como los coeficientes de forma.

L	Lpp	B	Dsup	Dprin	T
75,50	64,45	13,45	8,90	6,50	5,85

Tabla 1. DIMENSIONES PRINCIPALES.

Fn	Cb	Cm	Cp	Cf
0,34	0,52	0,95	0,54	0,72

Tabla 2. COEFICIENTES ADIMENSIONALES.

CÁLCULO DE LA RESISTENCIA AL AVANCE

La resistencia al avance del buque es la fuerza que se opone al movimiento del mismo en el agua, y estará íntimamente ligada a las dimensiones y formas del buque.

En un proyecto didáctico como es el caso, se descarta la obtención de la resistencia al avance por ensayos de canal. En estos casos se hace una aproximación estadística basada en el método Holtrop. Este método está incluido en multitud de programas de cálculo de resistencia al avance, en este caso se empleará el software NavCad.

JUSTIFICACIÓN DE LOS DATOS DE ENTRADA

El programa NavCad precisa una serie de inputs para el cálculo de la resistencia al avance. A partir de estos datos el programa definirá una carena que asimilará y facilitará unos valores de resistencia al avance aproximados.

En primer lugar, se introducen las características principales del buque, así como los coeficientes de forma, tal y como se contempla en las tablas 1 y 2.

La superficie mojada del casco se obtendrá de forma estimada mediante el método "Holtrop". Se comprueba la aplicabilidad de este método en la siguiente tabla:

Parámetro	Rango de aplicación	Valor del buque
F_n	0,06 - 0,40	0,34
C_p	0,55 - 0,85	0,54
LWL/BLW	3,90 - 14,90	5,05
BWL/T	2,10 - 4,00	2,30

Tabla 3. COMPROBACIÓN APLICACIÓN MÉTODO HOLTROP.

Por otra parte, el área de flotación se estimará mediante el método "Doust trawler". De igual modo que la superficie mojada, se comprueba que el buque cumple los requisitos de rango de aplicación.

Parámetro	Rango de aplicación	Valor del buque
LWL/BWL	4,40 - 5,80	5,05
BWL/T	2,00 - 2,60	2,30
C_b	0,47 - 0,60	0,52

Tabla 4. COMPROBACIÓN APLICACIÓN MÉTODO DOUST TRAWLER.

Por último, al tratarse de un buque con bulbo de proa, es necesario introducir los valores de longitud del bulbo, profundidad del centro de gravedad del mismo, y la superficie transversal, que será un 5,5% de la sección maestra. Estos datos se han obtenido en el Cuaderno 3: *“Coeficientes y plano de formas”*.

RESULTADOS

Para dar un valor preliminar de resistencia al avance, se ha empleado el método Holtrop y la línea de fricción ITTC 57. El resultado se considerará como válido, ya que ha sido comprobado que el buque está dentro de los parámetros del rango de aplicación del método.

En esta estimación se ha considerado un margen de mar del 15%.

Los valores para distintas velocidades quedan reflejados en la siguiente ilustración. Para la velocidad de servicio el valor de resistencia total es de 198,91 kN y la potencia efectiva igual a 1688,4 kW.

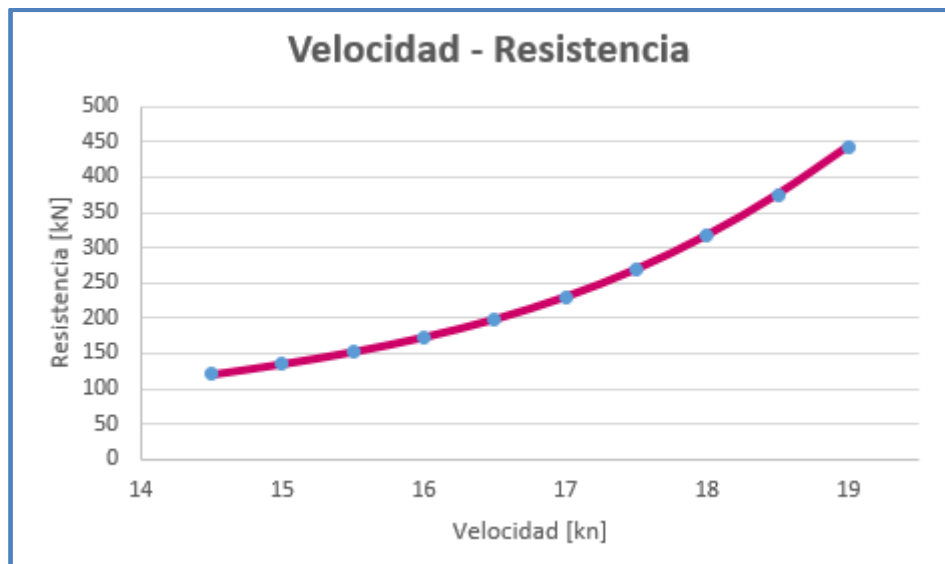


Ilustración 1. RESISTENCIA AL AVANCE PARA EL RANGO DE VELOCIDADES.

Es posible realizar una estimación de la potencia al freno necesaria para propulsar el buque a la velocidad de servicio, teniendo en cuenta una serie de rendimientos que se corresponden a todo el sistema de propulsión.

$$BkW = \frac{EkW}{\eta_m \cdot \eta_D} = \frac{1688,4}{0,95 \cdot 0,60} = 2962,10 kW$$

El valor del rendimiento mecánico η_m es de 0,95 para buques con engranaje reductor y dentro del rango de potencia que se trata. Por otra parte, el valor del rendimiento propulsivo η_D se ha estimado en 0,60; a falta de conocer las revoluciones a las que girará el propulsor.

Esta potencia al freno deberá de ser aumentada en 1000 kW al disponer de conexión PTO en la reductora para generación eléctrica.

Así mismo, se deberá de tener en cuenta el requisito del proyecto que establece que esta potencia deberá ser producida al 85% de la potencia máxima continua del motor propulsor.

CÁLCULO DEL PROPULSOR

En este apartado se realizará el diseño del propulsor en base al valor de resistencia al avance obtenido en el apartado anterior.

El cálculo se efectuará nuevamente con el software NavCad.

El proceso de cálculo consistirá en dos etapas: diseño del propulsor preliminar a partir de la resistencia al avance obtenida, y un segundo cálculo en el que ya se tendrá en cuenta valores de potencia del motor que se instalará en el buque.

JUSTIFICACIÓN DE LOS DATOS DE ENTRADA

Para el cálculo de la hélice, se han empleado los siguientes datos de partida:

Entrada	Valor
<i>Número de propulsores</i>	<i>1</i>
<i>Tipo de propulsor</i>	<i>CPP</i>
<i>Serie de propulsor</i>	<i>Series B</i>
<i>Dimensionamiento del propulsor</i>	<i>Variable</i>
<i>Número de palas</i>	<i>Variable</i>
<i>Método de predicción</i>	<i>Holtrop</i>
<i>Diámetro máximo propulsor</i>	<i>4 m</i>
<i>Inmersión del núcleo</i>	<i>4 m</i>
<i>Eficiencia reductor</i>	<i>0,97</i>
<i>Eficiencia eje</i>	<i>0,97</i>
<i>Criterio de cavitación</i>	<i>Keller</i>

Tabla 5. DATOS DE ENTRADA, DISEÑO DEL PROPULSOR.

Los valores de dimensionamiento del propulsor (paso, diámetro) son variables ya que son estimados por el programa en base a todos los demás datos. El número de palas es igualmente variable ya que para seleccionarlo se han realizado los cálculos para hélices de tres, cuatro y cinco palas, eligiendo la que mayor rendimiento tenía.

Tanto el diámetro máximo de la hélice como la inmersión del núcleo se han obtenido midiendo sobre la disposición general.

Por otra parte, por valores de eficiencia del engranaje reductor y del eje se han tomado los convencionales para buques de un único eje con reductora.

RESULTADOS

Los resultados que se extraen del programa son los valores de dimensionamiento del propulsor, así como la potencia al freno necesaria para propulsar el buque a la velocidad de servicio.

En las dos siguientes tablas se muestran los resultados de dimensionamiento del propulsor y la potencia al freno necesaria para el rango de velocidades que se ha hecho el estudio.

Dato	Valor
<i>Diámetro</i>	<i>4 m</i>
<i>Paso</i>	<i>3,36 m</i>
<i>P/D</i>	<i>0,84</i>
<i>Inmersión propulsor</i>	<i>4 m</i>

Tabla 6. DIMENSIONADO DEL PROPULSOR.

Velocidad [kn]	PB [kW]
14,5	1572,5
15	1814,3
15,5	2098,7
16	2444,1
16,5	2873,8
17	3416,2
17,5	4104,3
18	4974,2
18,5	6062,4
19	7401,7

Tabla 7. RELACIÓN POTENCIA-VELOCIDAD.

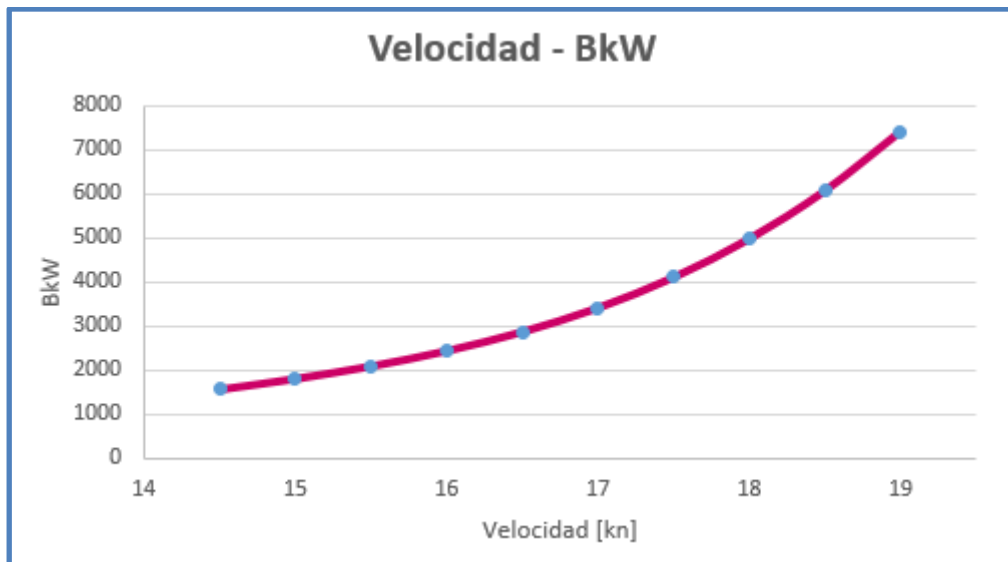


Ilustración 2. RELACIÓN POTENCIA-VELOCIDAD.

A la hora de seleccionar el motor propulsor, se deberá tener en cuenta la potencia necesaria para la propulsión, la potencia necesaria para accionar el alternador de cola, y el margen de funcionamiento. De esta manera la potencia mínima para el motor propulsor será la siguiente:

$$Pot (kW) = \frac{BkW + PTO}{85\% MCR} = \frac{2813,8 + 1000}{0,85} = 4486,82 kW$$

En el Cuaderno 10: “Cámara de máquinas” se seleccionará un motor diésel comercial que cumpla este requisito de potencia.

CLARAS ENTRE EL PROPULSOR Y EL CODASTE

Las formas en popa se suelen definir con el apoyo de los reglamentos de las Sociedades de Clasificación. En este caso, la sociedad de clasificación aplicable al buque del proyecto no incluye el cálculo de los vanos del codaste, por lo que se utilizará el reglamento de la sociedad DNV.

Este reglamento, para buques de una única línea de ejes, ofrece las expresiones expuestas a continuación para calcular las distancias contenidas en la Ilustración 3. Estas expresiones dependen del radio del propulsor y el número de palas del mismo; al no tener dimensionado el propulsor, se hará un cálculo preliminar basándose en un propulsor aproximado de 4 metros de diámetro y cuatro palas.

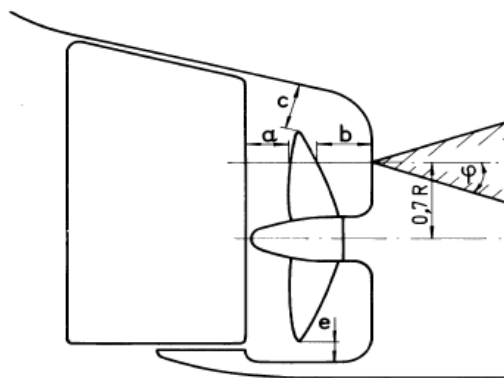


Ilustración 3. CLARAS DEL CODASTE POR DNV.

Requisito	Valor mínimo	Valor real buque
$a \geq 0,2 R (m)$	0,40	1,23
$b \geq (0,7 - 0,04 Z) R (m)$	1,08	1,56
$c \geq (0,48 - 0,02 Z) R (m)$	0,80	1,33
$e \geq 0,07 R (m)$	0,14	0,44

Tabla 8. CLARAS DEL CODASTE POR DNV.

Como comprobación se incluye la siguiente figura, donde se verifica el cumplimiento de las anteriores medidas, y a partir de la cual podemos dar el dimensionamiento del propulsor como válido.

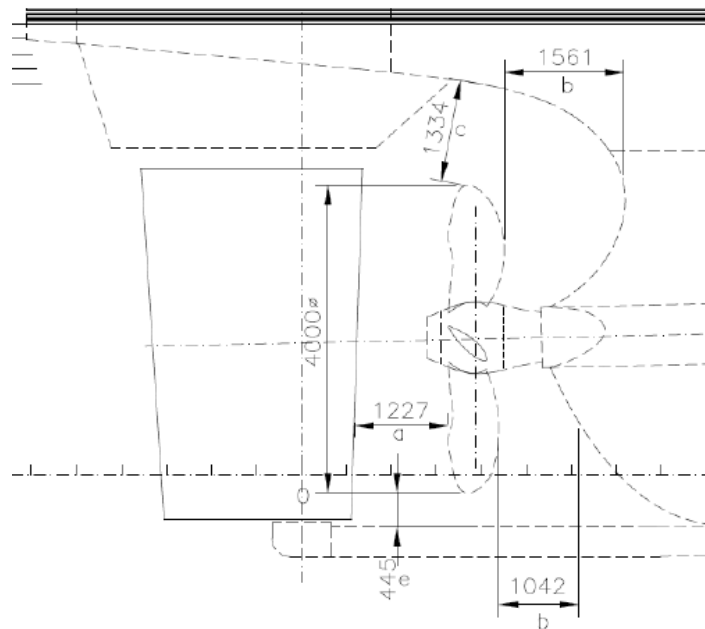


Ilustración 4. COMPROBACIÓN DE MEDIDAS.

DISEÑO DEL TIMÓN

GEOMETRÍA

El diseño del timón se ha hecho acorde a los requerimientos expuestos por la sociedad clasificadora del buque, el Bureau Veritas; concretamente empleando la Parte B, Capítulo 9, Sección 1.

Se ha seleccionado un timón de tipo suspendido, ya que es el más habitual en este tipo de buques.

Superficie de la pala del timón

La superficie del timón estará íntimamente ligada al área de deriva del buque, con objeto de obtener una maniobrabilidad adecuada.

En este tipo de buques, el área lateral del timón oscila entre un 2,90 % y un 3,00 % del área de deriva del buque.

El área de deriva al calado de trazado es de aproximadamente 412,60 m². Para el cálculo de la superficie lateral del timón se ha empleado un 2,95 % de este valor, resultando 12,17 m².

Se comprueba que esta área es similar a la de otros timones empleados en buques de similares características.

Contorno del timón

El contorno del timón es el normal en este tipo de buques, de forma trapezoidal. A continuación se obtienen las dimensiones del mismo:

Altura:

Para determinar la altura del timón se aplica de nuevo el reglamento Bureau Veritas. Este reglamento dice que la altura será igual a un 115% el diámetro de la hélice. El propulsor del buque de proyecto es de 4 metros de diámetro, por lo que el timón tendrá una altura de 4,60 metros. Esta longitud está condicionada por la disposición del codaste, aunque en este caso cuenta con espacio suficiente para un timón de este tamaño.

Cuerda:

El valor de la cuerda está relacionado con la altura y el área de la pala.

$$c = \frac{A_t}{h} = \frac{12,17}{4,60} = 2,64 \text{ m}$$

Relación de compensación:

La relación de compensación es el área de la pala a popa de la mecha del timón en relación con el área de la pala a proa de la mecha. Según las SSCC esta relación deberá ser superior al 33%. En este caso se usará una relación de compensación igual a 27,2%, que corresponde a la relación de compensación del buque de la base de datos "Montelucía".

$$c = \frac{A_{pr}}{A_t} \cdot 100 = 27,20 \%$$

$$A_{pr} = \frac{c \cdot A_t}{100} = 3,31 \text{ m}^2$$

Teniendo en cuenta la forma trapezoidal, la altura total del timón y el área de compensación se obtiene una longitud media de compensación por proa de la mecha:

$$L_{mc} = \frac{A_{pr}}{h} = \frac{3,31}{4,60} = 0,72 \text{ m}$$

Perfil del timón

Los perfiles utilizados para timones navales son del tipo currentiformes o aerodinámicos. En este caso se usará un perfil de la conocida familia de perfiles tipo NACA. Esta familia de perfiles se caracteriza por tener el máximo espesor a una distancia del 70% de la línea de cuerda, medido desde el borde de salida, y son simétricos respecto a su eje longitudinal.

Estos perfiles suministran un mayor valor de sustentación y además penaliza la resistencia al avance del buque de forma más reducida que otros perfiles. Otra de sus características es que conduce a un reparto de presiones de tal forma que el

centro de las mismas no se mueve excesivamente con el aumento del ángulo del timón.

La geometría final del timón se representa en la siguiente figura:

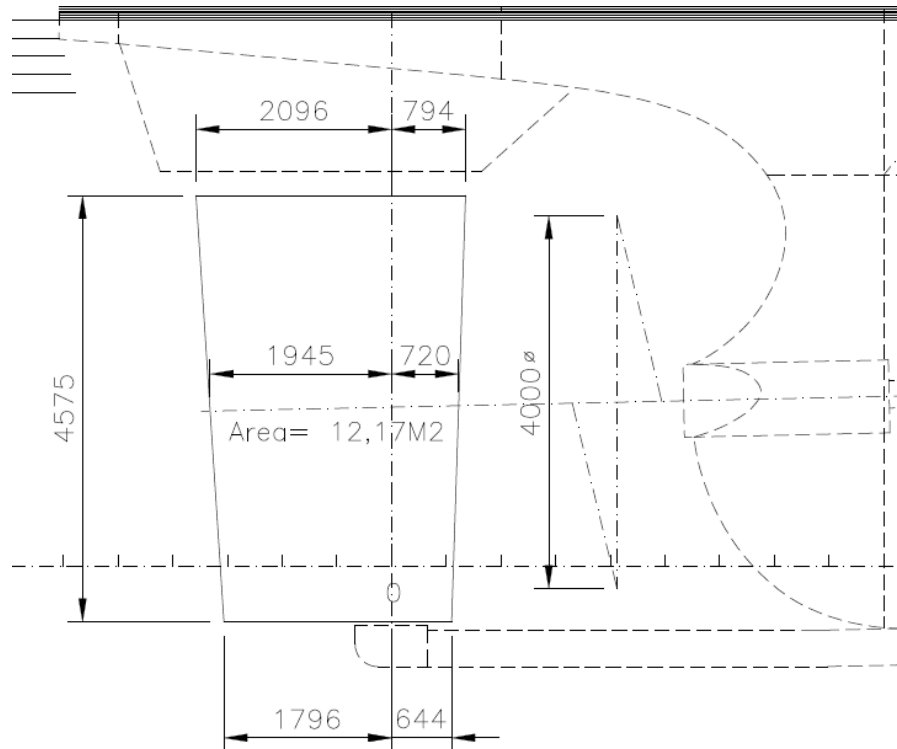


Ilustración 5. GEOMETRÍA DEL TIMÓN.

PAR TORSOR Y FUERZA SOBRE LA PALA DEL TIMÓN

En este apartado se calcularán las fuerzas que afectarán sobre la pala y mecha del timón cuando este se meta a una banda. Estas fuerzas y el momento que generan son importantes de cara al escantillonado de la estructura del timón, mechas y apoyos, así como la elección del accionamiento.

Para el cálculo de las fuerzas, se utiliza el reglamento Bureau Veritas, Pt B, Ch 9, Sec 2. En este apartado el reglamento ofrece la siguiente expresión para calcular dichas fuerzas:

$$CR = 123 \cdot Nr \cdot A \cdot V^2 \cdot r_1 \cdot r_2 \cdot r_3$$

Dónde:

- “Nr” es un coeficiente de navegación que variará si el buque navega sin restricciones, en zonas costeras o en zonas protegidas. En este caso se tomará como valor de “Nr” la unidad, para buques con navegación sin restricciones.
- “V” es la velocidad V_d ó V_a . La velocidad de marcha adelante no deberá de ser menos a la V_{min} definida en el reglamento. Por otra parte, la velocidad de marcha atrás V_a no será inferior a $0,50 \cdot V_d$ ó $0,50 \cdot V_{min}$, escogiéndose la mayor.

$$V_{min} = \frac{V_d + 20}{3} = \frac{16,50 + 20}{3} = 12,16 \text{ kn}$$

$$V_{ad} = 0,50 \cdot 12,16 = 6,08 \text{ kn}$$

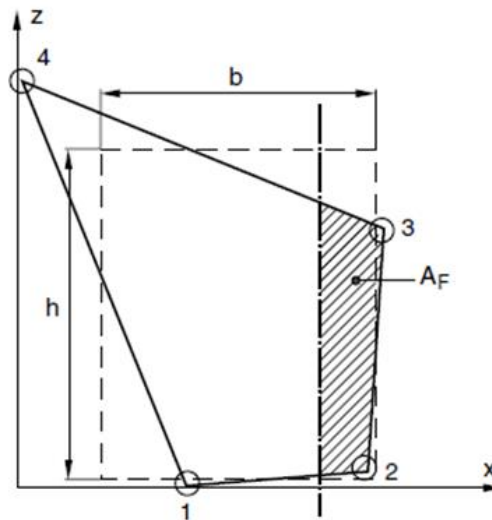
- “ r_1 ” es el factor de forma, igual a:

$$r_1 = \frac{\lambda + 2}{3} = \frac{1,73 + 2}{3} = 1,24$$

Dónde:

$$\lambda = \frac{h^2}{A_t} = \frac{4,60^2}{12,17} = 1,73$$

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



- “ r_2 ” es un coeficiente que depende del tipo de perfil. Para perfiles NACA 00xy es igual a 1,10 para marcha avante y 0,80 para marcha atrás.
- “ r_3 ” es un coeficiente que depende de la posición del timón respecto a la estela del propulsor. En este caso se tomará igual a uno.

A partir de todos los datos anteriores, sustituyendo con valores del buque de proyecto, se obtienen las fuerzas del timón para las condiciones de marcha avante y marcha atrás:

- $CR_{av} = 123 \cdot Nr \cdot A \cdot V^2 \cdot r_1 \cdot r_2 \cdot r_3 = 123 \cdot 1 \cdot 12,17 \cdot 12,16^2 \cdot 1,24 \cdot 1,10 \cdot 1 = 307,91 \text{ kN}$
- $CR_{at} = 123 \cdot Nr \cdot A \cdot V^2 \cdot r_1 \cdot r_2 \cdot r_3 = 123 \cdot 1 \cdot 12,17 \cdot 6,08^2 \cdot 1,24 \cdot 0,80 \cdot 1 = 54,89 \text{ kN}$

Por otra parte, el par de diseño del timón vendrá dado por la siguiente ecuación, contenida en el reglamento BV, Pt B, Ch 9, Sec 2; tanto para marcha avante como marcha atrás:

$$M_{TR} = CR \cdot r$$

Siendo:

- “ r ” la palanca de la fuerza, en metros, e igual a:

$$r = b \cdot \left(\alpha - \frac{AF}{A} \right)$$

“b” será la longitud del timón, en metros.

“α” será un coeficiente que depende de la condición de marcha adelante o marcha atrás. Para marcha adelante es igual a 0,33 y para marcha atrás 0,66.

AF será el área, en metros cuadrados, de la porción de timón a proa de la mecha del timón.

$$r_{av} = b \cdot \left(\alpha - \frac{AF}{A} \right) = 2,64 \cdot \left(0,33 - \frac{3,29}{12,17} \right) = 0,16 \text{ m}$$

$$r_{at} = b \cdot \left(\alpha - \frac{AF}{A} \right) = 2,64 \cdot \left(0,66 - \frac{3,29}{12,17} \right) = 1,03 \text{ m}$$

Una vez calculado todo lo anterior, se puede obtener el par de diseño del timón como sigue:

Para condición de avance

$$M_{TR_{AV}} = CR \cdot r = 301,90 \cdot 0,16 = 47,39 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Para condición de atrás

$$M_{TR_{AT}} = CR \cdot r = 54,89 \cdot 1,03 = 56,48 \text{ kN} \cdot \text{m}$$



TRABAJO FIN DE MASTER

ANEXOS

Alumno: Aitor Ramil Vizoso
Tutor: D. Fernando Lago Rodríguez



ANEXO 1

Resistance

8 jul 2016 07:17

HydroComp NavCad 2014

Project ID **Atunero 1200 ton**

Description

File name **ATUNERO RESIST.hcnc**

Analysis parameters

Vessel drag		ITTC-78 (CT)	Added drag	
Technique:	[Calc]	Prediction	Appendage:	[Off]
Prediction:		Holtrop	Wind:	[Off]
Reference ship:			Seas:	[Off]
Model LWL:			Shallow/channel:	[Off]
Expansion:		Custom	Towed:	[Off]
Friction line:		ITTC-57	Margin:	[Lock]
Hull form factor:	[Off]		Water properties	
Speed corr:			Water type:	Salt
Spray drag corr:	[Off]		Density:	1026,00 kg/m3
Corr allowance:		0,000000	Viscosity:	1,18920e-6 m2/s
Roughness [mm]:	[Off]			

Prediction method check [Holtrop]

Parameters	FN [design]	CP	LWL/BWL	BWL/T	Lambda
Value	0,33	0,51*	5,05	2,30	0,58
Range	0,06-0,40	0,55-0,85	3,90-14,90	2,10-4,00	0,01-0,93

Prediction results

SPEED [kt]	SPEED COEFS		ITTC-78 COEFS						
	FN	FV	RN	CF	[CTLT/CF]	CR	dCF	CA	CT
14,50	0,289	0,633	4,26e8	0,001707	1,000	0,001878	0,000000	0,000000	0,003585
15,00	0,299	0,655	4,41e8	0,001699	1,000	0,002060	0,000000	0,000000	0,003759
15,50	0,309	0,677	4,55e8	0,001692	1,000	0,002273	0,000000	0,000000	0,003965
16,00	0,319	0,699	4,70e8	0,001685	1,000	0,002538	0,000000	0,000000	0,004222
+ 16,50 +	0,329	0,721	4,85e8	0,001678	1,000	0,002873	0,000000	0,000000	0,004551
17,00	0,339	0,743	4,99e8	0,001672	1,000	0,003295	0,000000	0,000000	0,004966
17,50	0,349	0,765	5,14e8	0,001665	1,000	0,003815	0,000000	0,000000	0,005481
18,00	0,359	0,786	5,29e8	0,001659	1,000	0,004440	0,000000	0,000000	0,006099
18,50	0,369	0,808	5,43e8	0,001653	1,000	0,005167	0,000000	0,000000	0,006820
19,00	0,379	0,830	5,58e8	0,001648	1,000	0,005986	0,000000	0,000000	0,007634
RESISTANCE									
SPEED [kt]	RBARE [kN]	RAPP [kN]	RWIND [kN]	RSEAS [kN]	RCHAN [kN]	RTOWED [kN]	RMARGIN [kN]	RTOTAL [kN]	
14,50	121,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	121,00	
15,00	135,79	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	135,79	
15,50	152,93	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	152,93	
16,00	173,54	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	173,54	
+ 16,50 +	198,91	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	198,91	
17,00	230,43	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	230,43	
17,50	269,47	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	269,47	
18,00	317,27	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	317,27	
18,50	374,76	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	374,76	
19,00	442,42	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	442,42	
EFFECTIVE POWER									
SPEED [kt]	PEBARE [kW]	PETOTAL [kW]	CTLR	CTLT	RBARE/W				
14,50	902,6	902,6	0,02668	0,05092	0,00425				
15,00	1047,8	1047,8	0,02926	0,05339	0,00477				
15,50	1219,4	1219,4	0,03229	0,05631	0,00538				
16,00	1428,4	1428,4	0,03604	0,05997	0,00610				
+ 16,50 +	1688,4	1688,4	0,04080	0,06464	0,00699				
17,00	2015,3	2015,3	0,04680	0,07054	0,00810				
17,50	2426,0	2426,0	0,05419	0,07784	0,00948				
18,00	2937,9	2937,9	0,06306	0,08663	0,01116				
18,50	3566,6	3566,6	0,07339	0,09687	0,01318				
19,00	4324,4	4324,4	0,08502	0,10842	0,01556				

Resistance

8 jul 2016 07:17

HydroComp NavCad 2014

Project ID **Atunero 1200 ton**

Description

File name **ATUNERO RESIST.hcnc**

Hull data

General		Planing	
Configuration:	Monohull	<i>Proj chine length:</i>	0,000 m
Chine type:	Round/multiple	<i>Proj bottom area:</i>	0,0 m2
Length on WL:	67,900 m	<i>LCG fwd TR:</i>	[XCG/LP 0,000] 0,000 m
Max beam on WL:	[LWL/BWL 5,048] 13,450 m	<i>VCG below WL:</i>	0,000 m
Max molded draft:	[BWL/T 2,299] 5,850 m	<i>Aft station (fwd TR):</i>	0,000 m
Displacement:	[CB 0,529] 2900,00 t	<i>Deadrise:</i>	0,00 deg
Wetted surface:	[CS 2,699] 1182,5 m2	<i>Chine beam:</i>	0,000 m
ITTC-78 (CT)		<i>Chine ht below WL:</i>	0,000 m
LCB fwd TR:	[XCB/LWL 0,500] 33,950 m	<i>Fwd station (fwd TR):</i>	0,000 m
LCF fwd TR:	[XCF/LWL 0,500] 33,950 m	<i>Deadrise:</i>	0,00 deg
Max section area:	[CX 1,040] 81,9 m2	<i>Chine beam:</i>	0,000 m
Waterplane area:	[CWP 0,694] 633,9 m2	<i>Chine ht below WL:</i>	0,000 m
Bulb section area:	4,6 m2	<i>Propulsor type:</i>	Propeller
Bulb ctr below WL:	3,220 m	<i>Max prop diameter:</i>	4000,0 mm
Bulb nose fwd TR:	73,000 m	<i>Shaft angle to WL:</i>	0,00 deg
Imm transom area:	[ATR/AX 0,000] 0,0 m2	<i>Position fwd TR:</i>	0,000 m
Transom beam WL:	[BTR/BWL 0,000] 0,000 m	<i>Position below WL:</i>	0,000 m
Transom immersion:	[TTR/T 0,000] 0,000 m	<i>Transom lift device:</i>	Flap
Half entrance angle:	21,00 deg	<i>Device count:</i>	0
Bow shape factor:	[AVG flow] 0,0	<i>Span:</i>	0,000 m
Stern shape factor:	[AVG flow] 0,0	<i>Chord length:</i>	0,000 m
		<i>Deflection angle:</i>	0,00 deg
		<i>Tow point fwd TR:</i>	0,000 m
		<i>Tow point below WL:</i>	0,000 m

Resistance

8 jul 2016 07:17

HydroComp NavCad 2014

Project ID **Atunero 1200 ton**

Description

File name **ATUNERO RESIST.hcnc**

Appendage data

General		Skeg/Keel	
Definition:	Percentage	Count:	0
Percent of hull drag:	0,00 %	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:	4000,0 mm	Projected area:	0,0 m2
Shaft angle to WL:	0,00 deg	Wetted surface:	0,0 m2
Exposed shaft length:	0,000 m	Stabilizer	
Shaft diameter:	0,000 m	Count:	0
Wetted surface:	0,0 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:	0,0 m2	T/C ratio:	0,000
Hull bossing length:	0,000 m	LE sweep:	0,00 deg
Bossing diameter:	0,000 m	Wetted surface:	0,0 m2
Wetted surface:	0,0 m2	Projected area:	0,0 m2
Projected area:	0,0 m2	Dynamic multiplier:	1,00
Wetted surface:	0,0 m2	Bilge keel	
Strut (per shaft line)		Count:	0
Count:	0	Mean length:	0,000 m
Root chord:	0,000 m	Mean base width:	0,000 m
Tip chord:	0,000 m	Mean projection:	0,000 m
Span:	0,000 m	Wetted surface:	0,0 m2
T/C ratio:	0,000	Tunnel thruster	
Projected area:	0,0 m2	Count:	0
Wetted surface:	0,0 m2	Diameter:	0,000 m
Exposed palm depth:	0,000 m	Sonar dome	
Exposed palm width:	0,000 m	Count:	0
Rudder		Wetted surface:	0,0 m2
Count:	0	Miscellaneous	
Rudder location:	Behind propeller	Count:	0
Type:	Balanced foil	Drag area:	0,0 m2
Root chord:	0,000 m	Drag coef:	0,00
Tip chord:	0,000 m		
Span:	0,000 m		
T/C ratio:	0,000		
LE sweep:	0,00 deg		
Projected area:	0,0 m2		
Wetted surface:	0,0 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:	0,0 m2	Type:	Shallow water
VCE above WL:	0,000 m	Channel width:	0,000 m
Profile area:	0,0 m2	Channel side slope:	0,00 deg
Superstructure		Hull girth:	0,000 m
Superstructure shape:	Cargo ship		
Transverse area:	0,0 m2		
VCE above WL:	0,000 m		
Profile area:	0,0 m2		

Resistance

8 jul 2016 07:17

HydroComp NavCad 2014

Project ID **Atunero 1200 ton**

Description

File name **ATUNERO RESIST.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



TRABAJO FIN DE MASTER

ANEXOS

Alumno: Aitor Ramil Vizoso
Tutor: D. Fernando Lago Rodríguez



ANEXO 2

Propulsion

8 jul 2016 07:16

HydroComp NavCad 2014

Project ID **Atunero 1200 ton**

Description

File name **ATUNERO RESIST.hcnc**

Analysis parameters

Hull-propulsor interaction		System analysis	
Technique:	[Calc] Prediction	Cavitation criteria:	Keller eqn
Prediction:	Holtrop	Analysis type:	Free run
Reference ship:		CPP method:	Fixed RPM
Max prop diam:	4000,0 mm	Engine RPM:	
Corrections		Mass multiplier:	
Viscous scale corr:	[On] Standard	RPM constraint:	
Rudder location:	Behind propeller	Limit [RPM/s]:	
Friction line:	ITTC-57	Water properties	
Hull form factor:	1,190	Water type:	Salt
Corr allowance:	ITTC-78 (v2008)	Density:	1026,00 kg/m3
Roughness [mm]:	[Off] 0,00	Viscosity:	1,18920e-6 m2/s
Ducted prop corr:	[Off]		
Tunnel stern corr:	[Off]		
Effective diam:			
Recess depth:			

Prediction method check [Holtrop]

Parameters	FN [design]	CP	LWL/BWL	BWL/T
Value	0,33	0,51*	5,05	2,30
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				
	PETOTAL [kW]	WFT	THD	EFFR	RPMENG [RPM]	PBPROP [kW]	FUEL [L/h]	LOADENG [%]	
14,50	902,6	0,2379	0,1953	0,9950	107	1572,5	---	34,9	
15,00	1047,8	0,2379	0,1953	0,9950	112	1814,3	---	40,3	
15,50	1219,4	0,2378	0,1953	0,9950	117	2098,7	---	46,6	
16,00	1428,4	0,2377	0,1953	0,9950	123	2444,1	---	54,3	
+ 16,50 +	1688,4	0,2377	0,1953	0,9950	129	2873,8	---	63,9	
17,00	2015,3	0,2376	0,1953	0,9950	135	3416,2	---	75,9	
17,50	2426,0	0,2376	0,1953	0,9950	142	4104,3	---	91,2	
18,00	2937,9	0,2375	0,1953	0,9950	150	4974,2	---	110,5	
18,50	3566,6	0,2375	0,1953	0,9950	159	6062,4	---	134,7	
19,00	4324,4	0,2374	0,1953	0,9950	168	7401,7	---	164,5	
POWER DELIVERY									
SPEED [kt]	RPMPROP [RPM]	QPROP [kN·m]	QENG [kN·m]	PDPROP [kW]	PSPROP [kW]	PSTOTAL [kW]	PBTOTAL [kW]	TRANSP	CPPITCH [mm]
14,50	178	78,86	130,87	1479,6	1525,4	1525,4	1572,5	134,9	1800,3
15,00	186	87,12	144,57	1707,0	1759,8	1759,8	1814,3	121,0	1800,3
15,50	195	96,46	160,08	1974,7	2035,8	2035,8	2098,7	108,1	1800,3
16,00	203	107,38	178,20	2299,7	2370,8	2370,8	2444,1	95,8	1800,3
+ 16,50 +	213	120,44	199,88	2704,0	2787,6	2787,6	2873,8	84,0	1800,3
17,00	224	136,23	226,08	3214,3	3313,7	3313,7	3416,2	72,8	1800,3
17,50	236	155,33	257,76	3861,8	3981,2	3981,2	4104,3	62,4	1800,3
18,00	250	178,24	295,79	4680,2	4825,0	4825,0	4974,2	52,9	1800,3
18,50	264	205,34	340,76	5704,1	5880,5	5880,5	6062,4	44,6	1800,3
19,00	279	236,79	392,96	6964,3	7179,7	7179,7	7401,7	37,6	1800,3
EFFICIENCY					THRUST				
SPEED [kt]	EFFO	EFFG	EFFOA	MERIT	THRPROP [kN]	DELTHR [kN]			
14,50	0,5806	0,9700	0,5917	0,34883	150,38	121,00			
15,00	0,5843	0,9700	0,5954	0,35942	168,75	135,79			
15,50	0,5878	0,9700	0,5990	0,37135	190,05	152,93			
16,00	0,5913	0,9700	0,6025	0,38546	215,67	173,54			
+ 16,50 +	0,5945	0,9700	0,6057	0,4023	247,20	198,91			
17,00	0,5970	0,9700	0,6082	0,42197	286,37	230,43			
17,50	0,5982	0,9700	0,6094	0,44415	334,88	269,47			
18,00	0,5978	0,9700	0,6089	0,46819	394,28	317,27			
18,50	0,5955	0,9700	0,6065	0,49317	465,73	374,76			
19,00	0,5914	0,9700	0,6023	0,51812	549,82	442,42			

Propulsion

8 jul 2016 07:16

HydroComp NavCad 2014

Project ID **Atunero 1200 ton**

Description

File name **ATUNERO RESIST.hcnc**

Prediction results [Propulsor]

PROPULSOR COEFS									
SPEED [kt]	J	KT	KQ	KTJ2	KQJ3	CTH	CP	RNPROP	
14,50	0,4783	0,0649	0,00850	0,28347	0,077702	0,72186	1,2494	2,85e7	
15,00	0,4738	0,0667	0,00861	0,2972	0,080956	0,75682	1,3017	2,97e7	
15,50	0,4687	0,0688	0,00874	0,31342	0,084855	0,79811	1,3644	3,10e7	
16,00	0,4625	0,0714	0,00889	0,33372	0,089821	0,84982	1,4443	3,25e7	
+ 16,50 +	0,4550	0,0745	0,00907	0,35963	0,096276	0,9158	1,5481	3,40e7	
17,00	0,4461	0,0781	0,00929	0,39241	0,10462	0,99927	1,6822	3,57e7	
17,50	0,4358	0,0822	0,00954	0,43298	0,1152	1,1026	1,8524	3,76e7	
18,00	0,4245	0,0868	0,00981	0,48179	0,12827	1,2269	2,0626	3,97e7	
18,50	0,4124	0,0916	0,01010	0,53867	0,14397	1,3717	2,315	4,19e7	
19,00	0,4001	0,0965	0,01039	0,60282	0,16223	1,5351	2,6086	4,44e7	
CAVITATION									
SPEED [kt]	SIGMAV	SIGMAN	SIGMA07R	TIPSPEED [m/s]	MINBAR	PRESS [kPa]	CAVAVG [%]	CAVMAX [%]	PITCHFC [mm]
14,50	8,44	1,93	0,38	37,34	0,245	5,86	2,0	2,0	2211,8
15,00	7,88	1,77	0,35	39,00	0,255	7,08	2,0	2,0	2203,6
15,50	7,38	1,62	0,32	40,74	0,266	8,58	2,0	2,0	2194,2
16,00	6,93	1,48	0,29	42,62	0,281	10,50	2,0	2,0	2183,0
+ 16,50 +	6,51	1,35	0,27	44,68	0,300	13,02	2,0	2,0	2169,6
17,00	6,13	1,22	0,24	46,96	0,326	16,31	2,0	2,0	2153,7
17,50	5,79	1,10	0,22	49,48	0,358	20,57	2,0	2,0	2135,6
18,00	5,47	0,99	0,20	52,26	0,400	25,95	2,0	2,0	2115,8
18,50	5,18	0,88	0,18	55,28 !	0,451	32,59	2,0	2,0	2095,1
19,00	4,91	0,79	0,16	58,53 !	0,512	40,56	2,0	2,0	2074,2

Propulsion

8 jul 2016 07:16

HydroComp NavCad 2014

Project ID **Atunero 1200 ton**

Description

File name **ATUNERO RESIST.hcnc**

Hull data

General		Planing	
Configuration:	Monohull	Proj chine length:	0,000 m
Chine type:	Round/multiple	Proj bottom area:	0,0 m2
Length on WL:	67,900 m	LCG fwd TR:	[XCG/LP 0,000] 0,000 m
Max beam on WL:	[LWL/BWL 5,048] 13,450 m	VCG below WL:	0,000 m
Max molded draft:	[BWL/T 2,299] 5,850 m	Aft station (fwd TR):	0,000 m
Displacement:	[CB 0,529] 2900,00 t	Deadrise:	0,00 deg
Wetted surface:	[CS 2,699] 1182,5 m2	Chine beam:	0,000 m
ITTC-78 (CT)		Chine ht below WL:	0,000 m
LCB fwd TR:	[XCB/LWL 0,500] 33,950 m	Fwd station (fwd TR):	0,000 m
LCF fwd TR:	[XCF/LWL 0,500] 33,950 m	Deadrise:	0,00 deg
Max section area:	[CX 1,040] 81,9 m2	Chine beam:	0,000 m
Waterplane area:	[CWP 0,694] 633,9 m2	Chine ht below WL:	0,000 m
Bulb section area:	4,6 m2	Propulsor type:	Propeller
Bulb ctr below WL:	3,220 m	Max prop diameter:	4000,0 mm
Bulb nose fwd TR:	73,000 m	Shaft angle to WL:	0,00 deg
Imm transom area:	[ATR/AX 0,000] 0,0 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:	21,00 deg	Device count:	0
Bow shape factor:	[AVG flow] 0,0	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:	1	Oblique angle corr:	Off
Propulsor type:	Propeller series	Shaft angle to WL:	0,00 deg
Propeller type:	CPP	Added rise of run:	0,00 deg
Propeller series:	B Series	Propeller cup:	20,0 mm
Propeller sizing:	By power	KTKQ corrections:	Custom
Reference prop:		Scale correction:	B Series
Blade count:	4	KT multiplier:	1,000
Expanded area ratio:	0,5486 [Size]	KQ multiplier:	1,000
Propeller diameter:	4000,0 mm [Size]	Blade T/C [0.7R]:	0,00
Propeller mean pitch:	[P/D 0,8404] 3361,4 mm [Size]	Roughness:	0,00 mm
Hub immersion:	4000,0 mm	Cav breakdown:	On
Engine/gear		Design condition	
Engine data:	Generic diesel	Max prop diam:	4000,0 mm
Rated RPM:	750 RPM	Design speed:	16,50 kt
Rated power:	4500,0 kW	Reference power:	4500,0 kW
Gear efficiency:	0,970	Design point:	1,000
Load correction:	Off	Reference RPM:	100,0
Gear ratio:	0,603 [Size]	Design point:	1,000
Shaft efficiency:	0,970		

Propulsion

8 jul 2016 07:16

HydroComp NavCad 2014

Project ID **Atunero 1200 ton**

Description

File name **ATUNERO RESIST.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
PBPROP = Brake power per propulsor
FUEL = Fuel rate per engine
LOADENG = Percentage of engine max available power at given RPM

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
KTJ2 = Propulsor thrust loading ratio
KQJ3 = 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