

MEJORA EN EL CONSUMO DE COMBUSTIBLE DE EMBARCACIONES PESQUERAS CAMARONERAS CON EL USO DE HÉLICES EN TOBERA

Por: José R. Marín López¹ y Rubén V. Saca Camacho²,
¹Ph.D. Ing. Naval, Profesor, jrmarin@espol.edu.ec, ²Ing. Naval, FIMCM, ESPOL

RESUMEN

Se analiza la reducción en consumo de combustible de una embarcación pesquera camaronera a la cual se le cambia la hélice abierta por un propulsor en una tobera acelerante. Para ello se debe analizar la eficiencia del sistema propulsor tanto en Navegación Libre como en Arrastre, para lo cual fue necesario investigar la eficiencia de algunas formulaciones disponibles en la literatura para estimar la Resistencia al Avance de una Red de Arrastre; para la estimación de la Resistencia del casco, se empleó la formulación de Holtrop. Se desarrollaron mediciones del Torque transmitido por el eje empleando un equipo de Telemetría, proceso con poca experiencia en el medio. Las mediciones permitieron comprobar las estimaciones de Eficiencia Propulsiva previamente desarrolladas. Luego, empleando los polinomios para tres hélices tipo Kaplan en tobera, con diferentes número de palas y Área Desarrollada, se seleccionaron y analizaron las nuevas eficiencias del sistema, tanto en Navegación Libre como en Arrastre. Finalmente se estimó el ahorro que se podría tener en un año, considerando la instalación de las hélices en tobera, considerándose el cambio muy recomendable.

Palabras Claves: Toberas, consumo de combustible, arrastreros, telemetría

ABSTRACT

The reduction in fuel consumption for a trawler fishing vessel has been analyzed by changing the propeller in nozzle instead of an open one. To do it, it is necessary to analyze the efficiency of the propulsion system in free running and trawling condition. To determine the hull resistance Holtrop's formulation has been used and for the fishing system some formulations were investigated. A process with little experience in Ecuador was used in which Torque measurements transmitted by the shaft using the telemetry equipment were developed. These measurements allowed us to verify the propulsive efficiency estimations previously developed. After this, using the polynomials for three Kaplan propellers in Kort nozzles, with different number of blades and Developed Area, the new efficiencies of the system were selected and analyzed in Free Running and Trawling conditions. Finally the savings for one year of operation considering the installation of the nozzle was estimated and it is considered a very recommendable change.

Keywords: Nozzle, fuel consumption, trawler, telemetry

1. INTRODUCCIÓN

Uno de los principales problemas que la industria pesquera camaronera ecuatoriana enfrenta es el alto costo de operación principalmente por el combustible. Este valor, según un

Gerente Técnico de una flota local representa aproximadamente un 65% de los costos de operación para una embarcación. Además cada cierto tiempo este rubro se incrementa dependiendo del costo del combustible en el mercado nacional.

En el presente trabajo se analiza la posibilidad de incrementar la eficiencia propulsiva de los buques pesqueros camaroneros usando hélices en tobera. Para ello se va a medir la eficiencia actual de las hélices en un buque pesquero camaronero empleando la instrumentación de la facultad de Ingeniería Marítima y Ciencias del Mar de la ESPOL. Luego se implementará un proceso para el cálculo de la eficiencia propulsiva en buques usando toberas acelerantes y se seleccionará un modelo. Finalmente se determinará la conveniencia de instalar toberas en un buque camaronero en función del ahorro de combustible que se logre.

2. DESCRIPCIÓN DE TOBERAS

En la figura 1 tomada de [LEWIS] se muestra el fluido con una velocidad a la entrada de la tobera, V_A , y en la salida, dicha velocidad puede aumentar o disminuir hasta un valor U_2 . Esta variación de velocidad dependerá de la forma del perfil hidrodinámico de la tobera, pues como se describirá a continuación las toberas pueden ser acelerantes o decelerantes del flujo.

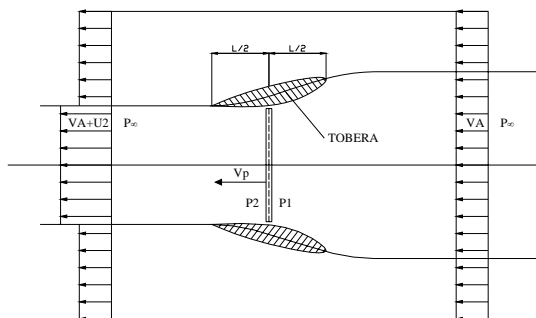


Figura 1.- Funcionamiento de una tobera

La idea de las toberas marinas era formar un anillo con perfil hidrodinámico como un folio alrededor de la hélice y no de un anillo simple. Este efecto puede compararse al efecto de las alas en un avión. Si el lado de alta presión del folio recibe el flujo, el ducto es del tipo decelerante. Si el lado de baja presión del folio recibe el flujo, el ducto es del tipo acelerante

Toberas Acelerantes.- Una tobera acelerante produce un empuje positivo e

incrementa la eficiencia de las hélices. Para resolver el problema de la separación de flujo sobre la tobera, se desarrollaron investigaciones sobre toberas acelerantes que han permitido el desarrollo de las toberas MARIN N19A y N37 para aplicaciones en embarcaciones con cargas pesadas, (*"Ships with Heavy Loads"*).

Toberas Decelerantes.- Un ducto decelerante produce un empuje negativo y es muy apropiado para reducir los problemas de cavitación. El ducto decelerante es el principal responsable de la reducción del ruido en los buques, razón por la cual se ha vuelto muy común su uso en los diseños actuales de buques de guerra. La aplicación de un flujo decelerante en una tobera llama la atención si lo que se desea es retardar el efecto de la cavitación.

Beneficios del Uso de Toberas

Según un reporte de la FAO, las principales ventajas del uso de toberas en embarcaciones pesqueras arrastreras son:

- ✓ Aumenta la eficiencia propulsiva en comparación con el sistema tradicional de hélice en agua abierta.
- ✓ Protege a la hélice de daños con objetos desconocidos en el agua.
- ✓ Se obtiene un empuje adicional al sistema debido a la forma del perfil hidrodinámico de la tobera.
- ✓ Se pueden reducir problemas de vibración.
- ✓ Se reduce el consumo de combustible

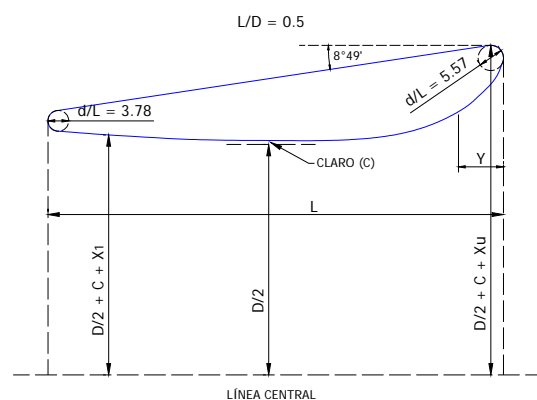


Figura 2.- Perfil de Tobera MARIN 19A

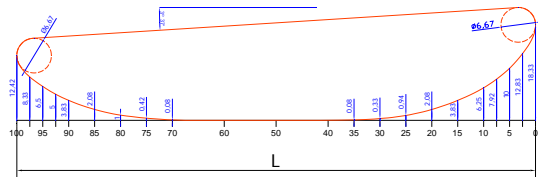


Figura 3.- Perfil de tobera MARIN N37

3. POLINOMIOS PARA LAS CARACTERÍSTICAS DE HÉLICES EN TOBERA

Las características hidrodinámicas de propulsores no pueden determinarse analíticamente, debido a la altísima dificultad en resolver problemas con fluidos viscosos. Esto obliga al desarrollo de trabajo experimental en Tanques Hidrodinámicos, y a partir de dichos resultados se han desarrollado expansiones polinómicas, [VAN GENT], en este caso válidas específicamente para hélices tipo Kaplan en tobera:

$$K_T = \sum_{x,y} C_T(x,y) * (P/D)^x * (J)^y,$$

para el coeficiente de Empuje Total.

$$K_Q = \sum_{x,y} C_Q(x,y) * (P/D)^x * (J)^y,$$

para el coeficiente de Torque.

$$K_{TN} = \sum_{x,y} C_{TN}(x,y) * (P/D) * (J)^y,$$

para el coeficiente de Empuje de Tobera
Donde:

P/D: Relación Paso/Diámetro

J: Coeficiente de Avance

C_T: Factor de Empuje Total (x,y)

C_Q: Factor de Torque (x,y)

C_{TN}: Factor de Empuje de la Tobera (x,y)

En el apéndice de este trabajo se reproducen los coeficientes de hélices tipo Kaplan en toberas acelerantes, tomados de [VAN GENT]. Estos polinomios permiten la implementación de estos cálculos en un computador.

4. RESISTENCIA DEL ARTE DE PESCA

No se tiene mucha experiencia en el medio con la comprobación experimental de las diferentes formulaciones disponibles para este cálculo, de manera que en este trabajo se implementó un método de cálculo y luego se desarrollaron mediciones in situ para

comprobar indirectamente las estimaciones teóricas. Se ha utilizado la formulación presentada por [TOWNSEND] que incluye la resistencia de tres componentes: la red, las compuertas y los cables de arrastre.

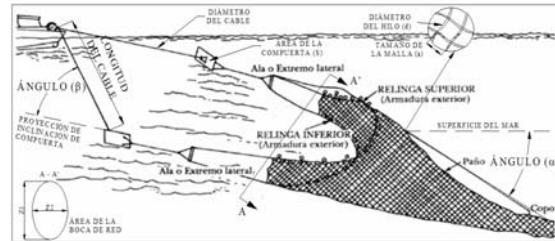


Figura 4. Identificación de elementos en Red de Arrastre, [Townsend]

Red de Arrastre.- Para el cálculo de la resistencia de la red de arrastre se usa la siguiente fórmula:

$$R_{RED} = 191 * \frac{d}{a} * F * v^2 * \text{sen} \alpha,$$

donde:

R_{RED}: Resistencia de la red (Kg)

d: diámetro del hilo (mm)

a: tamaño de la malla (mm)

F: área de la red (m²)

v: velocidad de arrastre (m/seg)

α: Ángulo horizontal entre la red de arrastre y el flujo de agua.

Compuertas.- Para estimar la resistencia de las compuertas se usa la siguiente fórmula:

$$R_{COMPUERTAS} = \frac{1}{2} * \rho * S * v^2 * C_r$$

Donde:

R_{COMP}: Resistencia de la compuerta (Kg)

S: área de la compuerta (m²)

v: velocidad de arrastre (m/s)

C_r: coeficiente hidrodinámico

C_r = 0.040βsenβ ; 0 ≤ β ≤ 45

β: ángulo entre el cable y la inclinación de la compuerta, (45°)

Cable de Arrastre.- La resistencia del cable de arrastre se calcula con la siguiente fórmula:

$$R_{CABLE} = 0.5 * C_X * \rho * v^2 * d * 2L,$$

donde:

R_{CABLE}: Resistencia de los cables (Kg)

C_X: Coeficiente de arrastre (0.1)

d: diámetro del cable (m)

L: Longitud del cable (m)

v: velocidad de arrastre (m/seg)

5. MEDICIÓN DE LA EFICIENCIA PROPULSIVA

No se tiene evidencia de que en el medio se desarrollen frecuentemente mediciones de la eficiencia propulsiva de buques, de manera que es particularmente útil compartir la experiencia lograda. El equipo empleado se basa en Telemetría para enviar la señal desde la antena transmisora que rota junto con el eje, hasta la receptora que está fija. Luego la señal es llevada por cable hasta el equipo de medición, y dado que la variación es muy alta, se grababa la señal en un computador portátil para luego hacer una promediación. El equipo utilizado se muestra en la siguiente figura, cuando era usado en el Laboratorio de la Facultad de Ingeniería Marítima y Ciencias del Mar de la ESPOL.

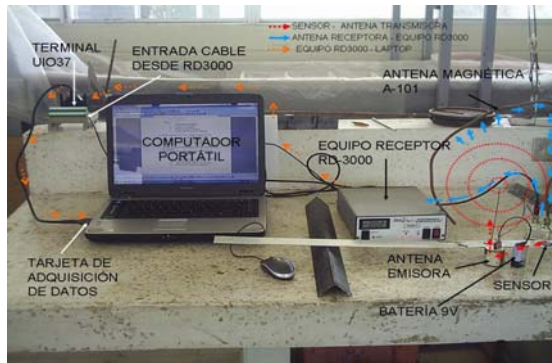


Figura 5. Esquema del Equipo usado durante las pruebas.

En la siguiente foto tomada durante las pruebas se nota el equipo montado sobre el eje, y la antena de cobre fija a la estructura adyacente.



Figura 6. - Dispositivo de medición instalado sobre el eje

Las mediciones se realizaron en la embarcación Alvarez Cabral, camaronero de la empresa local COBUS, que tiene las siguientes características principales:

Eslora Total	20.64	m
Manga	6.24	m
Puntal Moldeado	3.14	m
Calado en línea de carga	2.74	m
Volumen del Casco	180.09	m ³
Desplazamiento Total	139	ton
Capacidad de Agua	1050	Gal.
Capacidad de Combustible	6500	Gal.
Capacidad en Bodega	10.50	m ³

Tabla 1. Características Principales de Embarcación de Prueba

El arte de pesca tenía las siguientes características principales:

Red de Arrastre		
Diámetro del hilo	2	mm
Tamaño de la malla	50,8	mm
Área de la Red	30	m ²
Ángulo Red-Flujo	15	grados
Compuertas		
Área de la Compuerta	2,94	m ²
Cables		
Diámetro del Cable	0,5	Pulg.
Longitud del Cable	54.86	metros

Tabla 2.- Características del arte de pesca del B/P Alvarez Cabral

A continuación se resumen los valores registrados durante las tres pruebas realizadas:

Fechas	Descripción	Lectura Registrada	Vel. (Nudos)	RPM	Variación Voltaje
Prueba Inicial 14 de Agosto	Calibrado Rojo-Blanco	-0.565	----	----	----
	Calibrado Rojo-Verde	0.565	----	----	----
	Lectura 1	-0.242	8.9	250	-43%
	Lectura 1.1	0.118	7	215	21%
Prueba Final 19 de Agosto	Lectura 2	0.205	7.5	225	36%
	Lectura 3	0.424	9.2	276	75%
	Calibrado Rojo-Blanco	-1.254	----	----	----
	Calibrado Rojo-Verde	1.252	----	----	----
Prueba Final Arrastre 19 de Agosto	Lectura 1	0.879	8.9	278	70%
	Lectura 2	0.954	9.1	279	76%
	Lectura 3	1.213	8.3	278	97%
	Lectura 4	1.082	2.6	208	86%
	Lectura 5	0.506	2.45	207	40%
	Lectura 6.1	0.339	2.7	208	27%
	Lectura 6.2	0.416	2.5	175	33%
	Lectura 6.3	0.366	2.8	215	29%
	Lectura 6.4	0.229	2.3	140	18%
Lectura 6.5	0.265	1.9	125	21%	

Tabla 3.- Resultados de las mediciones

En la columna de la derecha se presenta el porcentaje de variación del voltaje registrado en el puente de Wheatstone formado por el cuádruple extensómetro

("strain gauge") instalado sobre el eje. Este porcentaje es igual al porcentaje del torque tomado como referencia para calibrar el equipo previo a las mediciones.

En la siguiente tabla se tienen transformados los valores de voltaje en torque, y dado que también se midió la velocidad de rotación del eje, se incluye la potencia transmitida al propulsor.

MEDICIONES	No	Vel. (nudos)	RPM	TORQUE (Lib-pulg)	Potencia (HP)
Primera Prueba	1	8.90	250	-14988.7	59
	1.1	7.00	215	7329.6	25
	2	7.50	225	12711.8	45
Segunda Prueba	3	9.20	276	26297.0	115
	1	8.90	278	24578.6	108
	2	9.10	279	26674.1	118
Tercera Prueba	3	8.30	278	33894.6	150
	4	2.60	208	30253.8	100
	5	2.45	207	14138.0	46
	6.1	2.70	208	9473.9	31
	6.2	2.50	175	11632.0	32
	6.3	2.80	215	10229.6	35
	6.4	2.30	140	6399.7	14
6.5	1.90	125	7420.2	15	

Tabla 4.- Torque y Potencia medidos

La elección del Alvarez Cabral se hizo porque la embarcación estaba en parrilla para trabajos de mantenimiento y se tuvo la oportunidad de observar y medir los parámetros involucrados en la evaluación de la Eficiencia Propulsiva. A continuación se presentan las características de la hélice propulsora actualmente instalada:

- Diámetro: 159 cm
- Razón P/D: 0.65
- Razón Ad/Ao: 0.423
- Número de Palas: 4



Figura 7.- Hélice propulsora del Alvarez Cabral

Con estas características de la hélice propulsora, y con las del casco se pudo realizar las estimaciones de Resistencia al Avance y Eficiencia Propulsiva, tanto en condición de Navegación Libre como en Arrastre, cuyos resultados se grafican a continuación. La hélice propulsora fue asumida como de la serie B-Wageningen, y para este análisis se emplearon los polinomios respectivos, [VAN GENT], para evaluar las características de Empuje y Torque.

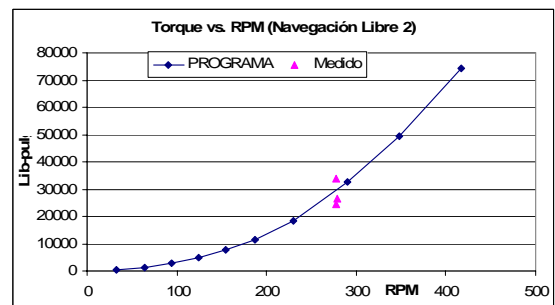
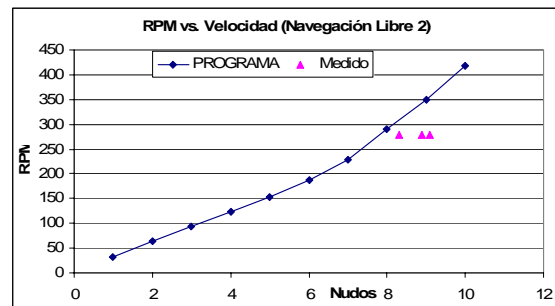


Figura 8.- RPM y Torque en Navegación Libre

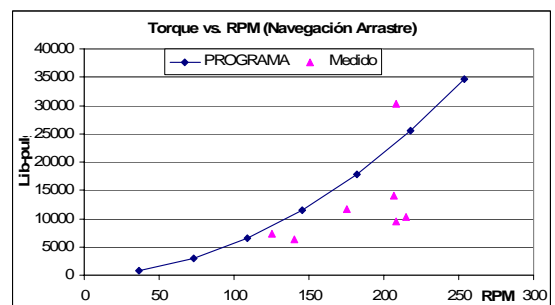
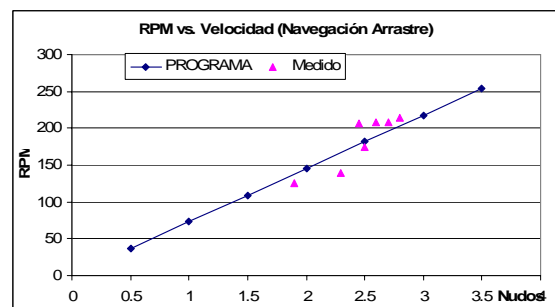


Figura 9.- RPM y Torque en Arrastre

De las figuras mostradas, se nota una relación aceptable entre los resultados calculados y los medidos, de manera que se piensa que se puede confiar en las implementaciones desarrolladas. Con programas, a continuación se grafica la Eficiencia Propulsiva para la embarcación en Navegación Libre y en Arrastre:

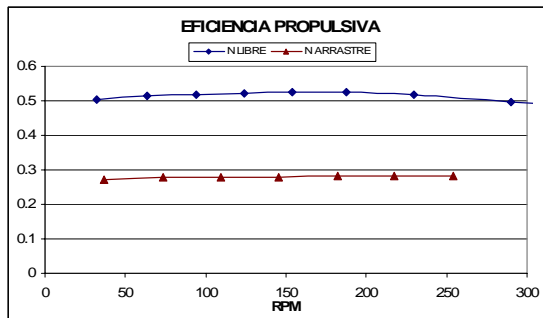


Figura 10.- Estimación de la Eficiencia Propulsiva

Se nota una baja eficiencia propulsiva en arrastre, situación que puede mejorarse empleando una tobera.

7. HÉLICE EN TOBERA PARA EL CAMARONERO "ALVAREZ CABRAL"

La figura 11 tomada de [FAO] se puede utilizar como ayuda para estimar el beneficio de instalar una tobera en buques de una sola hélice. La evaluación depende de la Potencia al eje, SHP, la velocidad de rotación del propulsor, y, la velocidad del buque, en arrastre. Tomando para el B/P Alvarez Cabral los siguientes datos:

- Potencia: 221 HP
- RPM: 208 rpm. medidas durante el arrastre.
- Velocidad: 2.60 nudos medida durante el arrastre,

y graficándolas en la figura mencionada, se tiene:

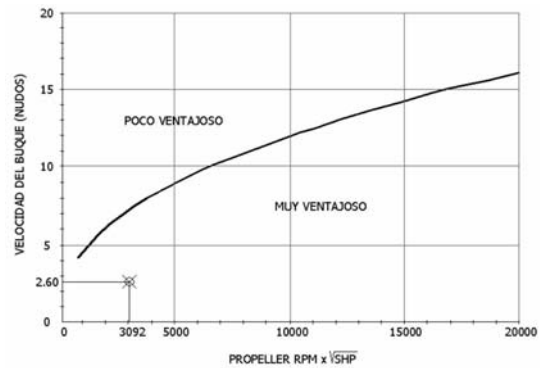


Figura 11. Determinación de Beneficios de instalar toberas.

Con lo que se concluye que se debe esperar beneficios con el uso de toberas para embarcaciones con características de operación similares al aquí analizado.

Para seleccionar una hélice adecuada para esta embarcación, se debe empezar por determinar el diámetro disponible, para lo cual se presenta a continuación las dimensiones tomadas directamente del buque:



Figura 12.- Detalle del Codaste del B/P Alvarez Cabral

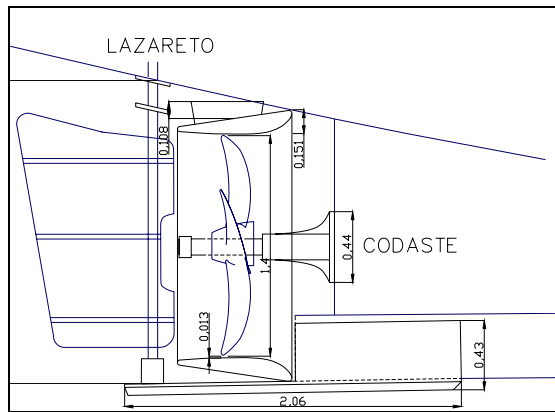


Figura 13.- Dimensiones de la hélice en tobera adaptada al codaste

El siguiente paso es conocer las opciones de hélices con 4 palas disponibles en el programa:

- H. Kaplan, Ae/Ao 0.55, en T-19A.
- H. Kaplan, Ae/Ao 0.70, en T-19A.
- H. Kaplan, Ae/Ao 0.70, en T-N37.

Luego se utilizaron los valores de la tabla 11 para conocer la Potencia y las RPM de las condiciones de Navegación Libre y Arrastre. Luego se ejecutó el programa computacional para encontrar la razón paso/diámetro tanto en velocidad libre como en arrastre. Luego se tomó un promedio y se analizó la eficiencia propulsiva en las condiciones de operación. Estos resultados se resumen en la tabla a continuación:

DESCRIPCIÓN	Diámetro		Ae/Ao	P/D			Vel.	Efic.
	metros	pulg.		Libre	Arrastre	Prom.		
Hélice Original	1.59	63	0.42	0.85	0.48	0.665	7.95	0.485
Ka 4-55 y T-19A.	1.4	55	0.55	1.17	0.94	1.055	8.40	0.569
Ka 4-70 y T-19A.	1.4	55	0.70	1.17	0.93	1.049	8.42	0.562
Ka 4-70 y T-N37.	1.4	55	0.70	1.23	0.95	1.094	8.41	0.558

Tabla 5. Resultados de la selección de hélices en tobera

8. VENTAJAS ECONÓMICAS ESTIMADAS

Luego usando los datos de la tabla 5 se ejecutó nuevamente el programa para evaluar las nuevas condiciones con el sistema propuesto, estos resultados se muestran en las figuras 14 y 15. El consumo de combustible se estimó a partir de información disponible en la web, de la que se obtuvo una relación entre el consumo de combustible gal/hora, y las rpm del motor:

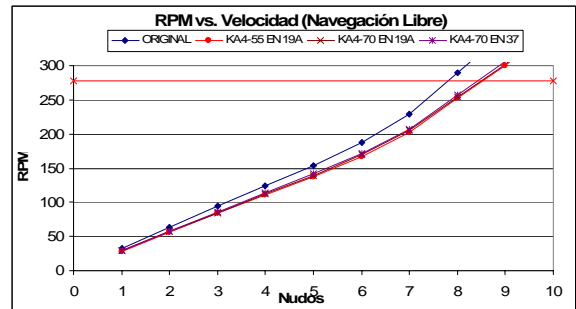


Figura 14. Comparación de consumo de potencia en Navegación Libre.

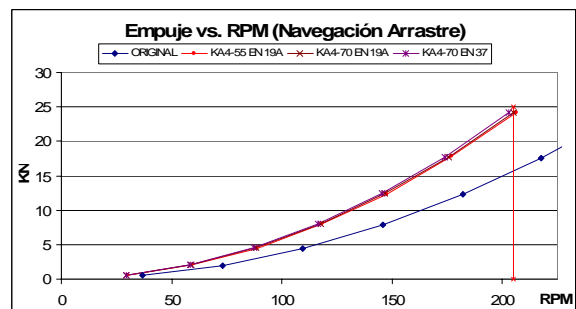


Figura 15. Comparación del Empuje en Arrastre.

Navegación Libre					
Tiempo Operación:	4 horas/día				
Sistema	Original	KA4-55 N19A	KA4-70 N19A	KA4-70 N37	
Potencia	150	150	150	150	hp
RPM	278	245	247	249	rpm
Consumo (RPM)	10.9	10.0	10.0	10.1	Gal/hora
Consumo Diario	43.6	39.86	40.09	40.31	Gal/día
Periodos de Trabajo	20	20	20	20	días
Consumo Periodo (L)	872	797	802	806	Gal/Periodo
Navegación en Arrastre					
Tiempo Operación:	12 horas/día				
Sistema	Original	KA4-55 N19A	KA4-70 N19A	KA4-70 N37	
Potencia	46	46	46	46	hp
RPM	208	165	164	163	rpm
Consumo (RPM)	8.9	7.7	7.6	7.6	Gal/hora
Consumo Diario	106.8	92.1	91.8	91.4	galones/día
Periodos de Trabajo	20	20	20	20	días
Consumo Periodo (A)	2136	1842	1835	1829	Gal/Periodo
CONS. TOTAL (L)+(A)	3008	2639	2637	2635	Galones
Precio Diesel	1 \$/Gal				
Periodos por año	18 periodos/año				
Costo Por Periodo	3008	2639	2637	2635	\$/Periodo
Costo anual	54896	48169	48127	48085	\$/Año
Ahorro Respecto Sist. Original		6727	6769	6811	\$/Año

Tabla 6.- Estimación del gasto por combustible por año

Finalmente, dado que el material de construcción típico de este tipo de embarcaciones es la madera, no se puede soldar los brazos de agarre de la tobera al casco. Por ello se puede instalar una plancha sobre el casco, empernada a las cuadernas, y, soldar los brazos de agarre a dicha plancha, como

se muestra en la siguiente figura. Para mejorar el soporte, puede también soldarse un brazo de agarre a la zapata de acero que en su prolongación soporta al timón del buque.

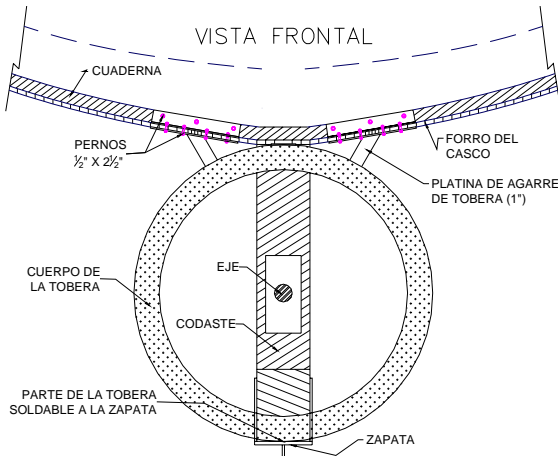


Figura 16.- Soporte de la tobera al casco

Para facilitar la comprensión a continuación se detalla el sistema, producto del análisis estructural detallado en [SACA], y que comprueba que los esfuerzos son aceptables, aún considerando únicamente los brazos superiores de agarre.

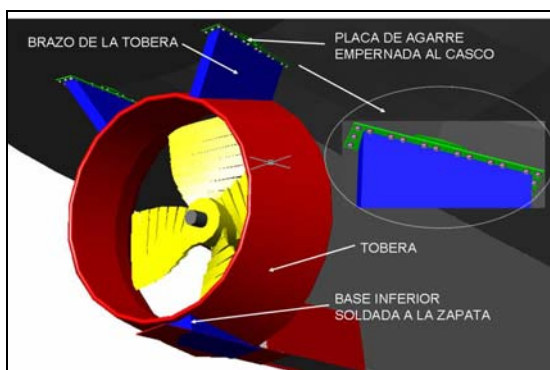


Figura 17.- Detalle del agarre de la tobera al casco

9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se ha desarrollado el cálculo del ahorro en gasto por combustible que implicaría el cambio de la hélice abierta por una tipo Kaplan en tobera acelerante. Se muestra, tal como se esperaba, la ventaja de la instalación del dispositivo mencionado. Para comprobar los cálculos comúnmente desarrollados en el medio en lo que a Eficiencia Propulsiva

se refiere, se hicieron mediciones en Navegación Libre y en Arrastre, del Torque, RPMeje, y, velocidad del buque. Los resultados se compararon con los estimados empleando las formulaciones clásicamente usadas en el medio, mostrando

La adquisición de una tobera de algunos de los fabricantes conocidos puede estar en el orden de los 9000 dólares, cantidad posiblemente elevada para una empresa pequeña. Por ello se piensa que es posible construir adaptaciones de las toberas, siguiendo las geometrías disponibles en la literatura, Figuras 2 y 3. Se podrían desarrollar conos truncados y soldarlos entre sí, y luego esmerilar las uniones en forma adecuada para reducir la generación de turbulencia. Obviamente esto va a reducir parcialmente los beneficios estimados en este trabajo, pero se piensa que seguiremos en el lado positivo.

AGRADECIMIENTO

Las mediciones pudieron desarrollarse por la colaboración del Sr. Juan C. Correia, principal de la empresa COBUS. A él, y, a la tripulación del B/P Alvarez Cabral, va nuestro agradecimiento.

REFERENCIAS

- FAO, Fuel and financial savings for operators of small fishing vessels. Technical Measures. FAO, Fisheries Department, 2001.
- HOLTROP J. y MENNEN G., An approximate Power Prediction Method. ISP. Vol 25. 1978.
- HOLTROP J. y MENNEN G., A Statistical Re-Analysis of Resistance and Propulsion Data. International Shipbuilding Progress, Nov 1984.
- LEWIS, E., Principles of Naval Architecture Vol II. SNAME, Jersey City, EE.UU. 1988.
- SACA, R.V., PPSAK, Programa para Cálculo de la Resistencia y la Eficiencia Propulsiva de Buques. FIMCM, ESPOL, 2005.
- SACA, R.V., Uso de Toberas para Incrementar la Eficiencia Propulsiva de los Buques Camaroneros

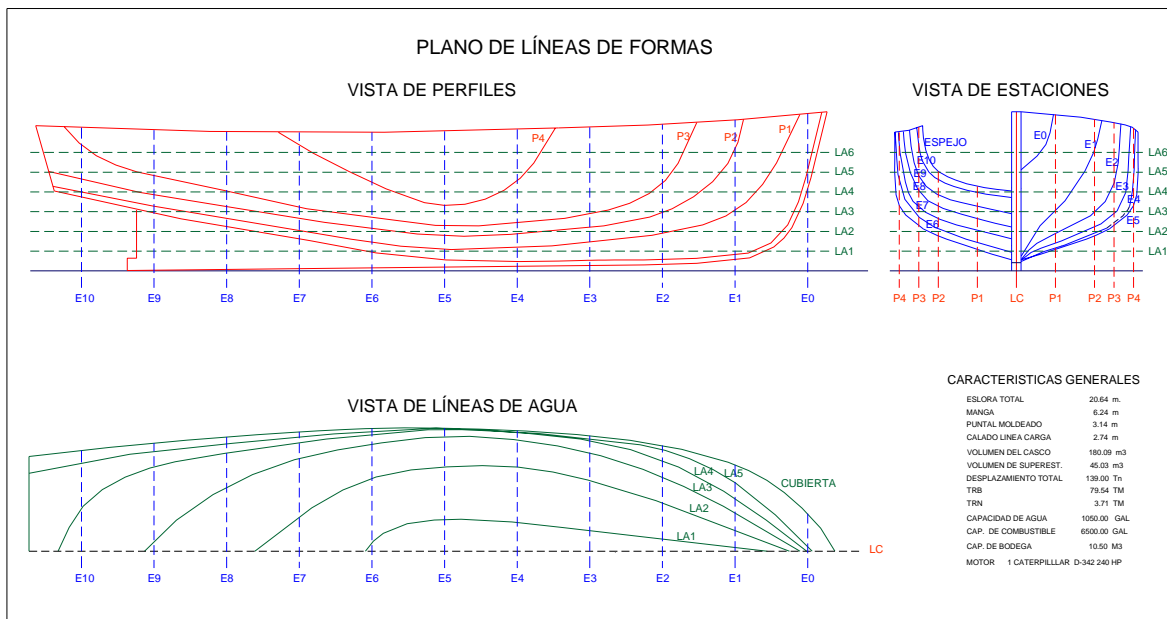
Ecuatorianos. Tesis de Grado de Ing. Naval, FIMCM, ESPOL, 2006.
TOWNSEND, P., Notas de clases "Introducción a los Sistemas de Pesca". FIMCM, ESPOL, Guayaquil, Ecuador, 2005.

VAN GENT W. y OOSTERVELD M.W.C., Ducted Propeller Systems and Energy Saving. Canal de Experiencias Hidrodinámicas El Pardo. Publicación N°108, Septiembre 1983

APÉNDICE

Hélice		Ka 4-55 en Tobera N19A			Ka 4-70 en Tobera N19A			Ka 4-70 en Tobera N37		
x	y	C _T	C _{TN}	C _Q	C _T	C _{TN}	C _Q	C _T	C _{TN}	C _Q
0	0	-0.375	-0.0451	-0.0347	0.03055	0.076594	0.006735	-0.162557	-0.016806	0.016729
	1	-0.20305	0	0.018568	-0.148687	0.075223	0	0	0	0
	2	0.830306	0	0	0	-0.061881	-0.016306	0	0	0
	3	-2.74693	-0.663741	0	-0.391137	-0.138094	0	0	0	0
	4	0	-0.244626	-0.195582	0	0	-0.007244	-0.077387	0	0
	5	0	0	0.317452	0	-0.37062	0	0	0	0
	6	0.067548	0	-0.093739	0	0.323447	0	0	-0.099544	0.030559
1	0	2.03007	0.244461	0.158951	0	-0.271337	0	0.598107	0	-0.048424
	1	-0.392301	-0.578464	-0.048433	-0.432612	-0.687921	0	-1.00903	-0.548253	-0.011118
	2	-0.611743	1.11682	0	0	0.225189	-0.024012	0	0.230675	-0.056199
	3	4.31984	0.751953	0.024157	0	0	0	0	0	0
	4	-0.34129	0	0	0	0	0	0	0	0
	5	0	0	-0.123376	0	0	0	0	0	0
	6	0	-0.089165	0	0	-0.081101	0	0	0	0
2	0	-3.03167	0	-0.212253	0.667657	0.666028	0	0.085087	0.460206	0.084376
	1	0	-0.146174	0	0	0	0	0.425585	0	0
	2	0	-0.917516	0	0.285076	0.734285	0.005193	0	0	0.045637
	3	-2.00786	0	0	0	0	0	0	0	-0.042003
	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	2.83697	0.068186	0.156133	-0.172529	-0.202467	0.046605	0	-0.215246	-0.008652
	1	0	0.174041	0	0	0	0	0	0	0
	2	0	0.102331	0	0	-0.54249	0	0	0	0
	3	0.391304	0	0	0	0	0	0	0	0
	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	5	0	0	0	0	0	0	-0.021044	0	0
	6	0	0	0	0	-0.016149	0	0	0	0
4	0	-0.994962	0	0	0	0	-0.007366	0.042997	0	0
	1	0	0	0.03074	0	0	0	0	0	0
	2	0	0	0.073587	0	0	0	0	0	0
	3	0	0	0	0	0.099819	0	0	0	0
	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	-0.031826	0	0	0	0	0	0
	1	0.015742	0	-0.014568	0	0.030084	0	-0.38383	0	0
	2	0	0	-0.109363	0	0	0	0	0	0
	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	4	0	0	0.043862	0	0	0	0	0	0
	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0.043782	-0.08581	0.007947	0	0	-0.00173	0	0	0
	1	0	0	0	-0.017293	0	-0.000337	0	0	-0.01176
	2	0	0	0.038275	0	-0.001876	0.000861	0.014992	0	0.002441
	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	4	0	0	-0.021971	0	0	0	0	0	0
	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	6	0	0	0.0007	0	0	0	0	0	0
0	7	0	0.088319	0.02285	0	0	0	0.036998	0.051753	-0.01216

Líneas de Formas del B/P Alvarez Cabral



Dimensiones Principales de la compuerta

DETALLE DE COMPUERTA
Área (2.94 m²)

