

INFORME TECNICO
APLICACION PRACTICA DEL METODO DE LA SIMILITUD PARA
EL DISEÑO Y CONSTRUCCION DE REDES DE FONDO Y MEDIA
AGUA.

POR

LUIS W. MARTINI, Capitán de Ultramar y Pesca,
Experto de FAO.

LUIS ESPARZA C., Ingeniero de Ejecución en Pesca,
I.N.P.

PROGRAMA DE INVESTIGACION Y DESARROLLO
DE LAS PESQUERIAS MEXICO/PNUD/FAO
DEPARTAMENTO DE PESCA

MEXICO, 1978.

DISTRIBUCION

Instituto de investigación de biología marina del país e internacional.

CITA BIBLIOGRAFICA

Martini, L.W. y Esparza, L. Informe técnico de la aplicación práctica del método de la similitud para el diseño y construcción de redes de fondo y media agua. Prog. de Invest. y Desarrollo de las Pesquerías Méx/PNUD/FAO.

CONTENIDO

ORIGEN DEL TRABAJO

- 1.1 Estudio de una red de arrastre de fondo utilizada por buques de 700 HP de máquina propulsora. Cálculo de la resistencia del aparejo completo.
- 1.2 Cálculo de la resistencia de la red, sin tener en cuenta portones y cables de remolque.
- 2.1 Cálculo de la resistencia de la red de fondo que se debe diseñar para un buque de 370 HP de máquina propulsora.
- 2.2 Aplicación del método de la similitud de W. Dickson para el diseño de la nueva red.
- 3.1 Recomendaciones.

ORIGEN DEL TRABAJO

Las pesquerías de arrastre de fondo (escama) en aguas mexicanas, se encuentran a la fecha con muy escaso desarrollo. Siendo la pesca de camarón la pesquería tradicional y más desarrollada del país, los intentos que se han efectuado para capturar peces de fondo, han tomado como base los diseños de aparejos camaroneros, prácticamente con muy pocas innovaciones. Tanto es así, que los pescadores y técnicos locales desconocen la utilización de patentes o malletas, los portones siguen prácticamente trabajando sobre la red, las dimensiones de bridas (no mayores de 15 m) se adaptan a la maniobra con tangones como si fuera pesca de camarón, no se utilizan los pescantes típicos de arrastreros, las dimensiones y peso de los portones no se calculan respecto a la potencia de la máquina propulsora, se desconoce el trabajo con malleros mayores de 100 mm, las redes de arrastre tampoco se diseñan de acuerdo a la potencia de la máquina propulsora, incluso los guinches de los buques arrastreros de último diseño, su potencia de tiro y velocidad de estiba de cable no guarda relación con la potencia de la máquina propulsora y resistencia total del aparejo. Podemos agregar que el cable de remolque que utilizan inclusive la flota camaronera, tipo $6 \times 7 + 1$, no es el más recomendado para el arrastre, dada su poca flexibilidad, comparado con el $6 \times 19 + 1$ (alma textil).

El presente trabajo tiene como objetivo entregar a los técnicos mexicanos en pesquerías, una herramienta sencilla y práctica que les permitirá, partiendo de una red de arrastre prototipo, y suficientemente comprobada que pesca bien y es arrastrada sin inconvenientes por el buque prototipo, diseñar una red de características similares, de mayor o menor tamaño, y/o cambiar algunos de los parámetros del prototipo, de modo que la pueda utilizar otro buque de diferente potencia de motor. El autor del método de la

2.

similitud, W. Dickson, es tecnólogo de artes de pesca de FAO desde hace más de quince años. En el manual de "Materiales Didácticos para la Capacitación en Tecnología de Artes y Métodos de Pesca" (S.L. Okonski y L. Martini, SEP, Mexico 1977) se aplica dicho método para diseñar una red de media para un buque de 680 HP de potencia de máquina principal, partiendo de una red prototipo suficientemente comprobada en un buque de 380 HP.

En este trabajo, se aplicará el mismo método para una red de fondo que se deberá diseñar para un buque de 370 HP de máquina propulsora, partiendo de una red de fondo (escamera) que es utilizada por buques de 685 HP de máquina propulsora.

1.1 Estudio de una red de arrastre de fondo utilizada por buques de 700HP de máquina propulsora. Cálculo de la resistencia del aparejo.

La estimación o cálculo de la resistencia del aparejo de pesca, o algunos de los parámetros en particular, es indudablemente el más complejo. Actualmente existen varios caminos para tratar este problema, y si bien son varios los factores que influyen sobre la resistencia que produce el equipo de pesca durante el arrastre, aquí señalamos los más importantes:

- Forma hidrodinámica del casco del buque,
- Potencia y características de la máquina propulsora,
- Sistema de propulsión,
- Condiciones meteorológicas de los caladeros,
- Peso y tamaño del equipo de pesca,
- Velocidad de arrastre aplicada

Como se puede ver, los factores arriba mencionados son muy variables, algunos de ellos (vientos y corrientes) se pueden sumar o reducir de acuerdo a la situación local del caladero, y muchas veces varían dentro de un mismo lance. Por esta razón, todos los cálculos deben referirse a las condiciones más difíciles que presenten los caladeros, o sea, hasta el límite de operación del buque; además deberán considerarse los máximos ángulos de ataque de los portones que se utilicen, aunque en la práctica en general no se empleen, para tener un margen de reserva en el cálculo final de la resistencia.

El método más práctico y de rápida aplicación que utilizan los autores, es el aplicado por Hamuro, que permite obtener un valor aproximado y suficiente para los fines prácticos. Hay caminos más complejos, largos y de mayor exactitud, desarrollados por W. Dickson, Friedman, etc.

La red de arrastre de fondo que los autores toman como prototipo, es ampliamente utilizada para captura de peces de escama, tanto en el Atlántico Sur como en el Atlántico Norte. En la figura No. 1 se muestra un plano en escala 1:200 de ésta red que se toma como prototipo, en el mismo se indican todas sus características. El cálculo de la potencia necesaria para arrastrar el aparejo completo del buque prototipo se describe en el manual "Materiales Didácticos para la Capacitación en Tecnología de Artes y Métodos de Pesca" de S. Okonski y L. Martini, SEP, México, 1977).

Las características principales del buque prototipo son:

4.

Eslora : 33 m.

Manga: 7.5 m.

Puntal: 5.6 m.

Hélice de paso variable

Máquina propulsora: 685 HP indicados en su chapa de fábrica, a 1225 RPM.

TRB: 274 tm

TRN: 174 tm

Para conocer qué potencia en HP se utilizan de la máquina propulsora para arrastrar el aparejo completo, se toma:

- a) Coeficiente de utilización: 0.85 para tener una reserva de 15% que asegure un trabajo continuo durante un tiempo largo.
- b) Coeficiente de propulsión: Como el buque tiene hélice de paso variable, se toma el valor 0.28
- c) Coeficiente por condiciones ambientales de los caladeros: de acuerdo con su eslora y desplazamiento, cada tipo de buque tiene un límite de trabajo en relación a las condiciones del mar. Para el buque prototipo, consideramos que el buque debe poder arrastrar con estados del mar de hasta 5^o Beafort, que le corresponde un coeficiente de 0.7.

La fórmula fundamental entregada por Hamuro dice que la potencia utilizada del motor propulsor para arrastrar el aparejo completo es:

$$PS = NHP \times \text{coeficiente de utilización} \times \text{coeficiente de propulsión} \times \text{coeficiente por estado del mar.}$$

donde:

PS = potencia utilizada del motor propulsor para arrastrar el aparejo completo.

NHP = HP indicados en la chapa de fábrica del motor propulsor.

$$PS = 685 \times 0.85 \times 0.28 \times 0.7 = 114 \text{ HP}$$

$$\underline{\underline{PS = 114 \text{ HP}}}$$

La tensión o resistencia en los cables de arrastre a la altura de los pescantes del buque, se puede calcular como sigue:

Se debe prefijar o conocer la velocidad de arrastre empleada por el buque prototipo. Para este caso, el buque puede arrastrar su aparejo hasta 3.5 Ns de velocidad. Por lo tanto, la tensión en los cables será:

$$T = \frac{PS \times 75}{v} \quad \text{donde:}$$

T = resistencia total del aparejo

PS = HP utilizados del motor propulsor para arrastrar el aparejo.

v = velocidad de arrastre en m/seg

75 = 1 HP en $\frac{\text{Kg} \cdot \text{m}}{\text{seg}}$

6.

Para el buque prototipo aplicamos una velocidad de arrastre de 3.0 Ns a 3.5 Ns por lo tanto la tensión en cables será :

$$T = \frac{114 \times 75}{1.52} = 5600 \text{ kg} \quad \text{y} \quad T = \frac{114 \times 75}{1.86} = 4600 \text{ kg}$$

Dentro de esta resistencia total del aparejo, tenemos incluida la resistencia de los cables, portones y red. Para el caso de los portones, para calcular su peso y dimensiones partimos de la fórmula hidrodinámica:

$$R = \frac{C_D \cdot \delta \cdot v^2 \cdot S}{2}$$

donde:

R = resistencia hidrodinámica del objeto considerado

$\delta = 104 \frac{\text{Kg} \cdot \text{seg}^2}{\text{m}^4}$ (densidad del agua de mar en sistema m k s)

C_D = coeficiente de resistencia obtenido de túneles hidrodinámicos

S = superficie del portón.

Para portones rectangulares planos que utiliza el buque prototipo, estos consumen cerca del 25 % de la resistencia total del aparejo.

Por lo tanto:

$$0.25 \times T = 0.25 \times 4600 = 1150 \text{ kg}$$

Es el peso para los dos portones, por lo tanto serán 575 kg para cada uno.

En la realidad, el buque utiliza portones de 550 kg.

Como coeficiente de resistencia utilizaremos 0.86 que corresponde a un ángulo de ataque de 35° , tomado de curvas hidrodinámicas. Como velocidad de arrastre utilizaremos $3.5 \text{ Ns} = 1.86 \text{ m/seg}$.

La superficie será:

$$S = \frac{2 \cdot R}{C_D \cdot \delta \cdot v^2} = \frac{2 \times 550}{0.86 \times 104 \times 3.46^2} = \frac{1100}{0.86 \times 104 \times 3.46^2} = 3.6 \text{ m}^2$$

El buque prototipo utiliza portones de 3.78 m^2 , o sea $2.8 \text{ m} \times 1.35 \text{ m}$.

Para el cálculo de la resistencia de los cables de remolque, utilizaremos la fórmula hidrodinámica:

$$2 R_c = C_x \cdot \delta \cdot v^2 \cdot d \cdot L$$

donde:

$2 R_c$ = resistencia hidrodinámica de los dos cables de arrastre.

C_x = coeficiente de resistencia que se puede estimar según experiencia en túneles hidrodinámicos, igual a 0.1.

$\delta = 104 \frac{\text{kg} \cdot \text{seg}^2}{\text{m}^4}$ la densidad del agua de mar en el sistema mks

d = diámetro del cable en metros

L = longitud de cable lanzado durante el trabajo.

Para el caso del buque prototipo que utiliza cable de diámetro 0.02 m, velocidad de arrastre 3 Ns y lanza hasta 1400 m de cable para pescar a más de 100 brazas de profundidad, tendremos:

8.

$$2 R_c = 0.1 \times 104 \times 2.31 \times 0.02 \times 1400$$

$$2 R_c = 673 \text{ kg}$$

Habíamos visto que la tensión o resistencia total de aparejo en los cables de remolque para el buque prototipo eran:

5600 kg a 3 Ns de velocidad de arrastre

4600 kg a 3.5 Ns de velocidad de arrastre.

Si de estos valores deducimos la resistencia ofrecida por los portones y cables de arrastre en las peores condiciones, tendremos que la resistencia de la red sería:

a) Para 3 Ns de velocidad de arrastre:

$$R_{\text{red}} = 5600 \text{ kgf} - \text{Resistencia de portones} - \text{resistencia de cables}$$

$$R_{\text{red}} = 5600 - 1100 - 670 = 3800 \text{ kgf}$$

b) Para 3.5 Ns de velocidad de arrastre:

$$R_{\text{red}} = 4600 - 1100 - 670 = 2800 \text{ kgf}$$

Esto quiere decir que el buque prototipo puede arrastrar una red de 3800 kgf de resistencia a 3 Ns de velocidad de arrastre, o una red de 2800 kgf a 3.5 Ns de velocidad de arrastre. Debemos tener en cuenta que estamos trabajando con valores excedidos de los reales, que los portones, por ejemplo, se están tomando su peso en el aire como resistencia, que es mucho mayor que la resistencia real en el agua o en la forma de trabajo, lo mismo para los cables de arrastre. Como el buque prototipo ya utiliza su red de arrastre, queda por calcular su resistencia por otro método que el analizado hasta aquí.

Observando el plano en escala de la figura No. 1, podemos analizar las características principales de esta red. Es una típica red de arrastre de fondo, de material hilo de polietileno (PE) en todas sus partes, la numeración del hilo es R 3330 tex o 300 m/kg y 2.5 mm de diámetro. Si se analiza el tipo de corte de cada paño del plano en escala, y sabiendo que esta red en su posición de trabajo normalmente abre entre puntas de alas, el 60% de la longitud de su relinga superior, veremos que el ángulo de ataque horizontal de los paños se encuentra dentro de los $15^{\circ} - 17^{\circ}$. En la figura No. 2 se da un esquema simple donde se calcula el ángulo horizontal de ataque de la red en posición de trabajo con una distancia o abertura entre alas del 60% de la relinga superior.

De la figura No. 1, la distancia entre punta de ala superior hasta la entrada al copo (borde inferior paño H) es de 38.55 m considerando la malla estirada.

Considerando una abertura de mallas de 0.5 (U_1) en forma horizontal y 0.87 (U_2) en forma vertical, la longitud total en forma de trabajo será de $38.55 \times 0.87 = 33.5$ m.

El 60 % de la longitud de la relinga superior es: $33.5 \times 0.6 = 20$ m. De la figura

No. 2 tenemos que: $\text{tg } \alpha = \frac{10}{33.5} = 0,2985074$

$$\alpha = 16.6 \text{ grados.}$$

En la figura No. 3, se muestra el ángulo de ataque para varios tipos de cortes de paño.

En la tabla No. 1, se dan las proporciones aproximadas que se utilizan en general en redes de arrastre, para las diferentes partes del cuerpo. La red del buque prototipo se puede clasificar en el grupo ecológico de peces "B" (especies cercanas al fondo del mar o dentro de los diez metros del mismo). La Tabla No. 1 fué tomada del manual "Materiales Didácticos para la Capacitación en Tecnología de Artes y Métodos de Pesca" de S.L.

Okonski y L. Martini.

La Tabla 1 se corresponde con la figura No. 4, en dicha tabla se ha resumido en forma general, las tendencias predominantes de las artes de arrastre que se encuentran en el "Catalogue of Fishing Gear Design" de las dos últimas ediciones. En dicho Catálogo se dan las características de los artes que se vienen utilizando durante los últimos diez años en diferentes partes del mundo.

1.2 Cálculo de la resistencia de la red sin cables y sin portones.

Para comprobar la resistencia de la red que utiliza el buque prototipo, se pueden emplear diferentes métodos, que se encuentran en el manual antes mencionado. Los autores se inclinan por una fórmula de origen japonés que han comprobado que da buenos resultados. La fórmula dice:

$$R_{\text{red}} = 191 \cdot S \cdot v^2 \cdot \frac{d}{a} \cdot \text{sen } \alpha$$

donde:

S = superficie que ocupa el paño de la red en posición de trabajo

v = velocidad de arrastre considerada

d = diámetro promedio del hilo utilizado en la red

a = lado promedio de las mallas de la red

α = ángulo horizontal de ataque del paño con la red trabajando.

Para calcular la superficie del paño, tomamos como coeficiente de abertura horizontal de las mallas $U_2 = 0.5$, que le corresponde un valor de coeficiente de abertura vertical $U_2 = 0.87$, de acuerdo a Tabla 1 para éste tipo de red.

Se utiliza la fórmula dada en el manual antes mencionado que dice:

$$S_{\text{pañó}} = \left(\frac{N_a + N_b}{2} \right) \cdot N_h \cdot 4 a^2 \cdot U_1 \cdot U_2$$

donde:

N_a = número de mallas del borde superior del paño

N_b = número de mallas del borde inferior del paño

N_h = número de mallas en profundidad del paño

a = lado de la malla

U_1 = coeficiente abertura horizontal de la malla

U_2 = coeficiente abertura vertical de la malla

Confeccionamos el cuadro siguiente para facilitar los cálculos:

Paño	$\frac{N_a - N_b}{2}$	N_h	$4 a^2$	U_1	U_2	S	Total	S_t
A	80	80	0.0225	0.5	0.87	62.6	2	125.3
B	300	75	"	"	"	220.2	1	220.2
C	52.5	90	"	"	"	46.2	2	92.3
D	65	85	"	"	"	54.1	2	108.2
E	220	30	"	"	"	64.6	2	124.2
F	185	30	0.0196	"	"	47.3	2	94.6
G	155	30	0.0144	"	"	29.1	2	58.3
H	125	30	0.01	"	"	16.3	2	32.6

$$S_t = 860.7 \text{ m}^2$$

$$a = 69 \text{ mm (promedio)}$$

$$d = 2.5 \text{ mm}$$

$$\frac{a}{d} = 0.0362 \text{ (promedio)}$$

Tomamos como velocidad de arrastre 3 nudos, reemplazando valores en la fórmula de resistencia tendremos:

$$R_{red} = 191 \cdot 860.7 \cdot 2.25 \cdot 0.0362 \cdot 0.286$$

$$R_{red} = 3830 \text{ Kg}$$

Vemos que este valor coincide con la deducción que se hizo empleando el método de Hamuro para el cálculo de la tensión en los cables de arrastre, al cual se restó la resistencia de portones y cables.

2.1 Cálculo de la Resistencia de la red de fondo que se debe diseñar para un buque de 370 HP de motor propulsor

Las características principales del buque al cual se le debe diseñar una red de fondo de características similares al prototipo son:

Eslora 20 m

Manga 5.8 m

Puntal 3.5

Hélice de paso fijo

Máquina propulsora: 370 HP indicados en su chapa de fábrica a

1800 RPM. Reducción 1:6

Para conocer la potencia en HP que se utilizará de la máquina propulsora, seguimos el mismo procedimiento que para el buque prototipo. Para este caso tomamos:

a) Coeficiente de utilización: 0.85

b) Coeficiente de propulsión: 0.2 (hélice de paso fijo a más de 300 RPM)

c) Coeficiente por estado del mar: 0.8 (este tipo de buque puede pescar con estados del mar 3-4 Beaufort por su tamaño)

$$PS = 370 \times 0.85 \times 0.2 \times 0.8$$

$$PS = 50 \text{ HP}$$

La tensión en cables de arrastre, a 3 Ns de velocidad:

$$T = \frac{50 \times 75}{1.5} = 2.5 \text{ toneladas}$$

Cálculo del peso de los portones:

Si usa portones rectangulares planos que absorben el 25 % de T, tendremos

$$0.25 \times 2500 \text{ kg} = 625 \text{ kg para dos portones:}$$

o sea 315 kg para cada portón.

De la resistencia total debemos tener en cuenta un 5 % para la resistencia que ofrecerán los cables, en promedio:

$$2500 \times 0.05 = 125 \text{ kg}$$

Finalmente tendremos un remanente para la resistencia de la red de:

$$2500 \text{ kg} - 625 - 125 = 1750 \text{ kg}$$

Quiere decir que para arrastrar a 3 Ns de velocidad podremos diseñar una red de 1750 kg de resistencia.

2.2 Aplicación del método de la similitud de W. Dickson

La utilización del método de la similitud para calcular o modificar nuevos diseños, permite no solamente analizar las propiedades de las artes, sino también el diseño de redes para determinadas pesquerías. Para aplicar éste método, debemos considerar que tenemos una red de arrastre, que de acuerdo a su empleo, sabemos

14.

que está bien calculada para la potencia del motor propulsor. Se podrán variar algunos factores del diseño de dicha red, sin causar problemas en el equilibrio de su ajuste. También usando éste método, se puede cambiar el tamaño de la red, u otros componentes del diseño, de modo que se pueda utilizar en otro buque de diferente potencia de motor.

Para el empleo de la fórmula de la similitud, Dickson establece que se debe partir de una red de diseño conocido, de dimensiones operativas y resistencia conocidos, que se elige como "standard" a partir de la cual se trabajará.

La fórmula es:

$$\frac{D_m}{D_s} = \left(\frac{M_m \cdot N_m}{M_s \cdot N_s} \right)^2 \cdot \left(\frac{M_s}{M_m} \right) \cdot \left(\frac{P_s \cdot R_s}{P_m \cdot R_m} \right)^{\frac{1}{2}} \cdot \left(\frac{V_m}{V_s} \right)^2$$

Relación de resistencia	Factor área	Factor malla	Factor hilo	Factor velocidad
-------------------------	-------------	--------------	-------------	------------------

Los signos con "s" indican datos conocidos. Los signos "m" indican datos modificados, donde:

D es la resistencia del objeto remolcado, o también se puede llamar empuje o tiro del buque

M es la medida de las mallas estiradas aplicadas en la boca de la red.

N es el número de mallas en la boca de la red.

P es el peso específico del hilo utilizado en los paños

R es el "runnage", es la numeración del hilo, o los metros que entran en un kilogramo.

V es la velocidad de arrastre en nudos.

Para encontrar mayores detalles en la aplicación de la fórmula, se puede consultar la publicación "Trawl Gear Selection, Design and Construction in Relation to Fish Behaviour, Vessel Power and Fishing Conditions" (W. Dickson, Fishing News Books, Londres 1971).

Considerando el aparejo completo, el problema no sólo se reduce a equiparar la resistencia de la red con el empuje entregado por la hélice del buque, sino que también se debe igualar correctamente el tamaño de los portones al tamaño de la red. Los portones deben calcularse para abrir la red entre puntas de ala entre $\frac{1}{2}$ y $\frac{2}{3}$ de la longitud de la relinga superior (50-70%).

Cuando en el caso que estamos tratando, utilizamos el número de mallas en la boca, nos referiremos al borde superior de los paños del dorso y vientre. También si los factores mallas o hilos son alterados en la fórmula, también se altera la medida de la red, y lógicamente se debe arreglar el sistema para que la relinga superior esté adecuadamente expandida, o sea que el tamaño de la red es alterado para que su forma y resistencia permanezcan igual. Esto se debe hacer sin alterar la medida de los portones, ya que es lo primero que se determina, conocido el empuje de la hélice a la velocidad de arrastre que se utilice.

Volvemos a recalcar las limitaciones en el uso de la fórmula, se aplica para redes de la misma forma, versiones mayores o menores de la misma red, y se aplica cuando estas versiones mayores o menores se expanden en la misma proporción de la longitud de la relinga superior.

El caso que nos ocupa, vemos las características en 2-1-4- y debemos diseñar una red de máximo 1750 kg de resistencia a 3 nudos de velocidad de arrastre.

Dentro de la fórmula de la similitud, indicaremos con $\frac{1}{1}$ los factores que no cambian en la fórmula de la similitud. Vimos que el hilo que utiliza en su red el buque prototipo es de polietileno, cuyo peso específico $P_s = 0,96$. Para el buque que deseamos diseñar su red, utilizaremos hilo de poliamida (nylon) de $P_m = 1,14$, diámetro de 2 mm R 2545 tex ó 393 m/kg que se fabrica en México, y es actualmente utilizado en la industria pesquera.

Inicialmente mantendremos para la red a diseñar, los mismos malleros que la red prototipo y la misma velocidad de arrastre. La incógnita será el número de mallas en la circunferencia del dorso-vientre, tendremos así :

$$D_m = 1.75 \text{ tn}$$

$$D_s = 3.8 \text{ tm}$$

$$M_m = 0.15 \text{ m}$$

$$M_s = 0.15 \text{ m}$$

$$N_s = 480 \text{ mallas}$$

$$P_s = 0.96$$

$$P_m = 1.14$$

$$R_s = 300 \text{ m/kg}$$

$$R_m = 393 \text{ m/kg}$$

Reemplazando estos valores en la fórmula:

$$\frac{1.75}{3.8} = \left(\frac{0.15 \cdot Nm}{0.15 \cdot 480} \right)^2 \cdot \left(\frac{1}{1} \right) \cdot \sqrt{\frac{0.96 \cdot 300}{1.14 \cdot 393}} \cdot \left(\frac{1}{1} \right)$$

$$0.46 = \frac{Nm^2}{230400} \cdot 0.8$$

$$Nm = \frac{230400 \cdot 0.46}{0.8} = 364 \text{ mallas}$$

O sea que la circunferencia del dorso-vientre, borde superior del paño, tendrá 364 mallas. Como son dos paños, corresponden 182 mallas a cada uno respectivamente, de 0,15 m malla estirada. En la figura No. 5, la sección T-V, construida en escala 1:200 es la que corresponde al cálculo, se tomaron 180 mallas para cada paño, por razones de comodidad. Para el resto de las secciones o paños se puede hacer el mismo camino, pero los autores proponen para este caso, seguir a partir de la sección T-V, el método de tanteo, hacia las alas y hacia el copo, siguiendo los pasos indicados en la Tabla 1 para peces del grupo ecológico B (especies cercanas al fondo). A partir de la sección T-V se deben determinar los malleros que siguen hacia el copo, la visera y alas serán de 0.15 m o sea, que los paños A, B, C, D y E tendrán 0.15 m de mallero, el F será por ejemplo de 0.12 m, el G de 0.08 m y el H de 0.06 m.

Para mantener el mismo ángulo de ataque horizontal del paño, de figura No. 3 seleccionaremos los cortes más convenientes, y luego se establecerán o calcularán al tanteo el número de mallas en profundidad para que los cortes sean exactos, para ello habrá que tener en cuenta la Tabla 1 para respetar las proporciones de cada sección.

18.

Por ejemplo, para el paño B (visera) establecemos el corte de 1 N 4B, y queremos que la visera tenga 7 m de longitud a malla estirada, necesitaremos entonces 45 mallas de altura. Como en el corte 1N4B se aumenta o disminuye 2 mallas laterales por 3 de altura, el borde superior de la visera (paño B) tendrá 240 mallas, ya que se aumentarán 30 mallas laterales por cada borde del paño. Tenemos así la sección J-K. Desde la visera, hasta la entrada al copo, respetando la Tabla No. 1, tendremos una longitud de paño (estirado), que será la longitud del borde superior de la visera por 0,62, o sea para este caso: $240 \text{ mallas} \times 0.15 \text{ m} = 36 \text{ m}$
 $36 \text{ m} \times 0.62 = 22.30 \text{ m}$

Esta es la longitud mínima para asegurar una buena filtración. Como ya tenemos 7 m de longitud de la visera, debemos distribuir el resto en los paños E, F, G y H. Por ejemplo establecemos para:

Paño E	1.50 m	10 mallas de 0.15 m
Paño F	6.0 m	50 mallas de 0.12 m
Paño G	4.8 m	60 mallas de 0.08 m
Paño H	5.0 m	84 mallas de 0.06 m

Los valores dados no son arbitrarios, sino se han ido tanteando para acomodar la longitud del cuerpo y de cada paño con los cortes que se muestran en la figura No. 5.

Para la construcción de las alas superiores, si se construyen de acuerdo a lo sugerido por tabla No. 1, para el caso de nuestro buque de 20 m de eslora, serían muy largas, y habría problemas de manipuleo, por esa razón se hacen más cortas, 60 mallas por ejemplo de 0.15 m de mallero, da una longitud de 9 m.

El ancho de las alas en su borde superior, normalmente es $1/3$ a $1/4$ del ancho de la visera, en alas superiores, y lo mismo para las alas inferiores en el paño del vientre. También se establece el embando que se piense dar a las alas inferiores, respecto a la visera y las dos superiores, como se vé en la figura No. 5.

Se establece la longitud de la relinga superior e inferior, siguiendo los lineamientos dados en el manual "Materiales Didácticos para la Capacitación en Tecnología de Artes y Métodos de Pesca" de S. Okonski y L. Martini, SEP México, 1977.

Siguiendo el camino utilizado para la red prototipo, podemos determinar el ángulo de ataque horizontal del paño. La relinga superior de la nueva red es de 25 m, por lo tanto, el 60 % de la misma es:

$$0.6 \times 25 = 15 \text{ m}$$

La longitud del paño desde punta de ala superior hasta la entrada al copo es 33.5 m a malla estirada, por lo tanto:

$$33.5 \times 0.87 = 29 \text{ m}$$

$$\text{luego: } \operatorname{tg} \alpha = \frac{7.5}{29} = 0.2586 \quad \therefore \alpha = 14^{\circ} 5'$$

O sea que el ángulo de ataque horizontal del paño está dentro del valor más utilizado para este tipo de arte. Ahora se puede calcular la resistencia de esta red, empleando la misma fórmula que para la red prototipo.

Dejamos a cargo del lector el cálculo de la superficie del paño, lado promedio de la malla, ángulo de ataque del paño, etc.

20.

Superficie del paño : 513,7 m²

Lado promedio de malla "a" = 0,0623

$$\frac{d}{a} = \frac{2}{0.0623} = 0.03454$$

Velocidad de arrastre: 3 Ns = 1.5 m/seg

$$\text{Sen } \alpha = \text{Sen } 14^\circ 5 = 0,2504$$

$$R_{red} = 191 \times 513.7 \times 0.03454 \times 2.25 \times 0.2504$$

$$R_{red} = 1900 \text{ kg}$$

Vemos que el valor está dentro del previsto de 1750 kg ya calculado.

Sin embargo, para reducir aún un poco este valor de la resistencia, se puede cambiar el tamaño de las mallas en la nueva red a diseñar, manteniendo los mismos parámetros anteriores.

Por ejemplo, utilizaremos un mallero de 200 milímetros para los paños A, B, C, D y E.

Aplicamos la fórmula:

$$\frac{1.75}{3.8} = \left(\frac{0.2 \cdot Nm}{0.15 \cdot 480} \right)^2 \cdot \left(\frac{0.15}{0.20} \right) \cdot \left(\frac{0.96 \cdot 300}{1.14 \cdot 393} \right)^{\frac{1}{2}} \cdot \left(\frac{1}{1} \right)^2$$

$$0.46 = \left(\frac{0.04 \cdot Nm^2}{5184} \right) \cdot 0.75 \cdot 0.8$$

$$Nm = \frac{0.46 \times 5.184}{0.75 \cdot 0.8 \cdot 0.04}$$

Nm = 315 mallas para la sección de circunferencia del dorso vientre, borde superior.

Correspondería así 150 mallas para el dorso y 150 mallas para el vientre.

Para mantener la misma proporción que la figura 5, colocaremos 140 mallas de ancho o borde superior del vientre, y de allí aplicamos el mismo método de tanteo que para el caso anterior, respetando siempre las proporciones dadas en la Tabla 1. En la figura No. 6 se muestra la nueva red con los nuevos malleros en cada paño. Las proporciones se han mantenido en la forma general del cuerpo y en cada paño, lo mismo en las alas superiores e inferiores.

Ahora debemos calcular la resistencia de la nueva red aplicando el mismo método y fórmula anteriores, para una velocidad de arrastre de 3 Ns. El ángulo horizontal de ataque del paño lo calculamos con el mismo procedimiento anterior para este caso tenemos:

60 % de la longitud de la relinga superior:

$$0.6 \times 27.5 = 16.5 \text{ m}$$

Longitud total desde punta ala superior hasta entrada copa a malla estirada : 35.3 m

$$35.3 \times 0.87 = 30.7 \text{ m}$$

$$\text{tg } \alpha = \frac{8.25}{30.7} = 0.2687$$

$$\alpha = 15^\circ$$

22.

Cálculo de la superficie del paño:

Paño	$\frac{Na + Nb}{2}$	Nh	$4a^2$.	.	S_m^2	Total	S_m^2	d mm	a mm	
A	40	50	0.04	0.5	0.87	34.8	2	69.6	2	100	
B	35	95	0.04	"	"	57.9	2	115.7	2	100	
C	165	35	0.04	"	"	100.5	1	100.5	2	100	
D	135	10	0.04	"	"	23.5	2	47	2	100	
E	140	50	0.0225	"	"	68.5	2	137	2	75	
F	110	40	0.0144	"	"	27.6	2	55.1	2	60	
G	105	50	0.0064	"	"	14.6	2	29.2	2	40	
									554.1	2	82.14

$$\frac{d}{a} = 0.0243$$

$$R_{red} = 191 \times S \cdot \sqrt{2} \cdot \frac{d}{a} \cdot \text{sen } 15^\circ$$

$$R_{red} = 191 \times 554.1 \times 2.25 \times 0.0243 \times 0.2588$$

$$R_{red} = 1500 \text{ kg}$$

Vemos que al aumentar el tamaño de la malla la resistencia ha disminuído, esto permitirá tener mayor reserva de velocidad, o también poder construir la red con un hilo de mayor grosor, por ejemplo 2.5 mm de diámetro.

3.1 Recomendaciones

Se ha demostrado con un ejemplo práctico, las bondades del método de la similitud, para rediseñar y calcular redes de arrastre de fondo, partiendo de una red prototipo suficientemente comprobada que funciona correctamente, y se han analizado sus parámetros. Es de fundamental importancia, en la aplicación del método del Dr. Hamuro para el cálculo de la resistencia total del aparejo, tener en cuenta las condiciones de los caladeros y el sistema de propulsión de los buques considerados. Para el cálculo de la resistencia de los cables, también es importante tener en cuenta la profundidad de pesca, ya que a profundidades mayores de 150 m el peso de los cables comienza a tener importancia en la resistencia total.

En cuanto a la aplicación de la fórmula de origen japonés para el cálculo de la resistencia de la red los autores recomiendan además aplicar otros métodos para comprobarla; en el manual "Materiales Didácticos para la Capacitación en Tecnología de Artes y Métodos de Pesca" S. Okonski y L. Martini, SEP, México, 1977, se utiliza también una fórmula de W. Dickson para el cálculo de la resistencia, que normalmente da valores aproximados a la de origen japonés. El otro factor también muy importante, es seguir los lineamientos de la tabla No. 1 para proporcionar correctamente los diferentes parámetros de la red y asegurar una correcta filtración.

BIBLIOGRAFIA

Dickson, W. Trawl Gear Selection, Design and Construction in Relation
to Fish Behaviour, Vessel Power and Fishing Conditions.
Fishing News Books, 1971.

Okonski, S. y L.W. Martini

Materiales Didácticos para la Capacitación en Tecnología
de Artes y métodos de pesca. SEP, México, 1977.

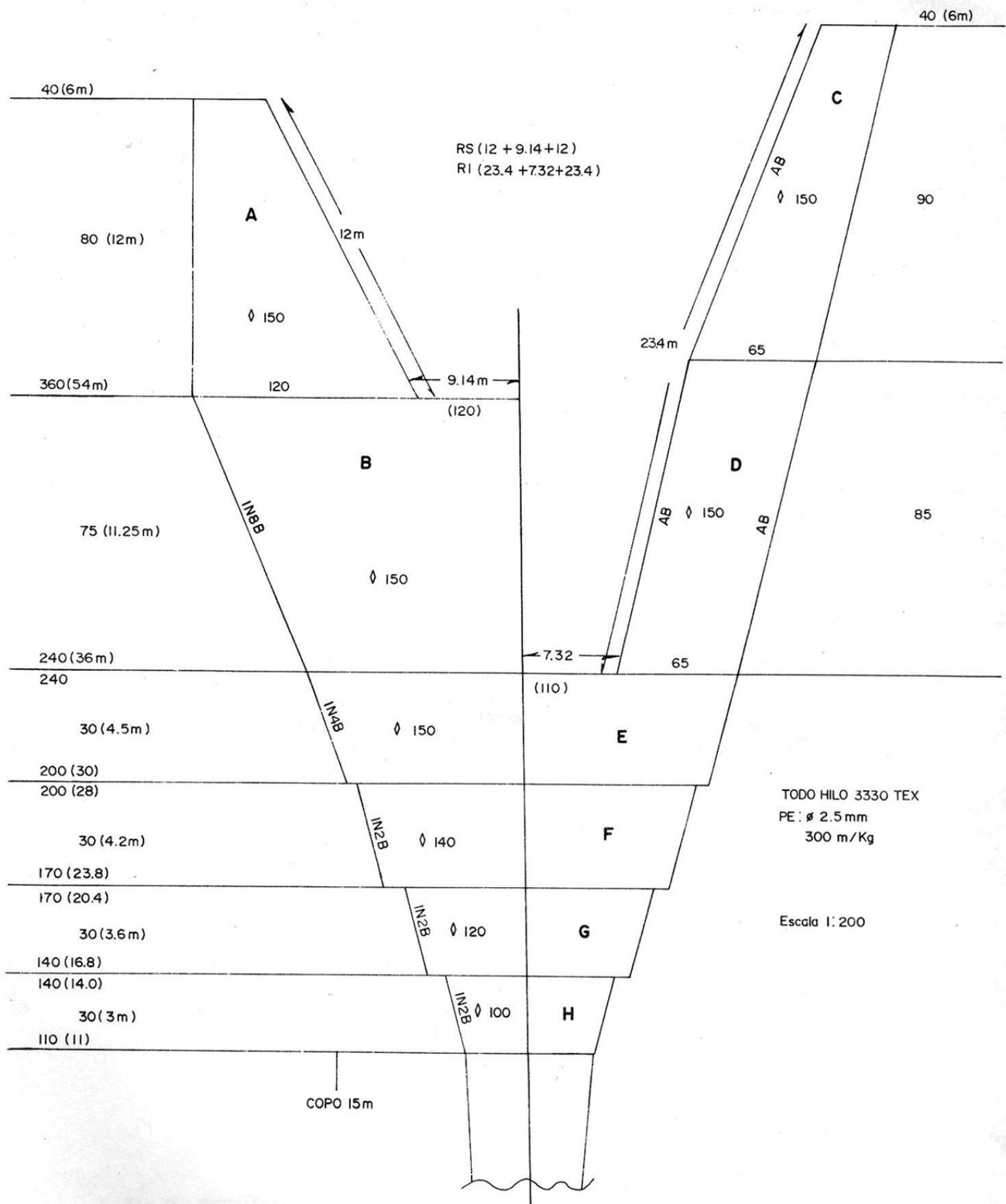


Fig. N° I RED DE ARRASTRE BUQUE PROTOTIPO DE 685 HP

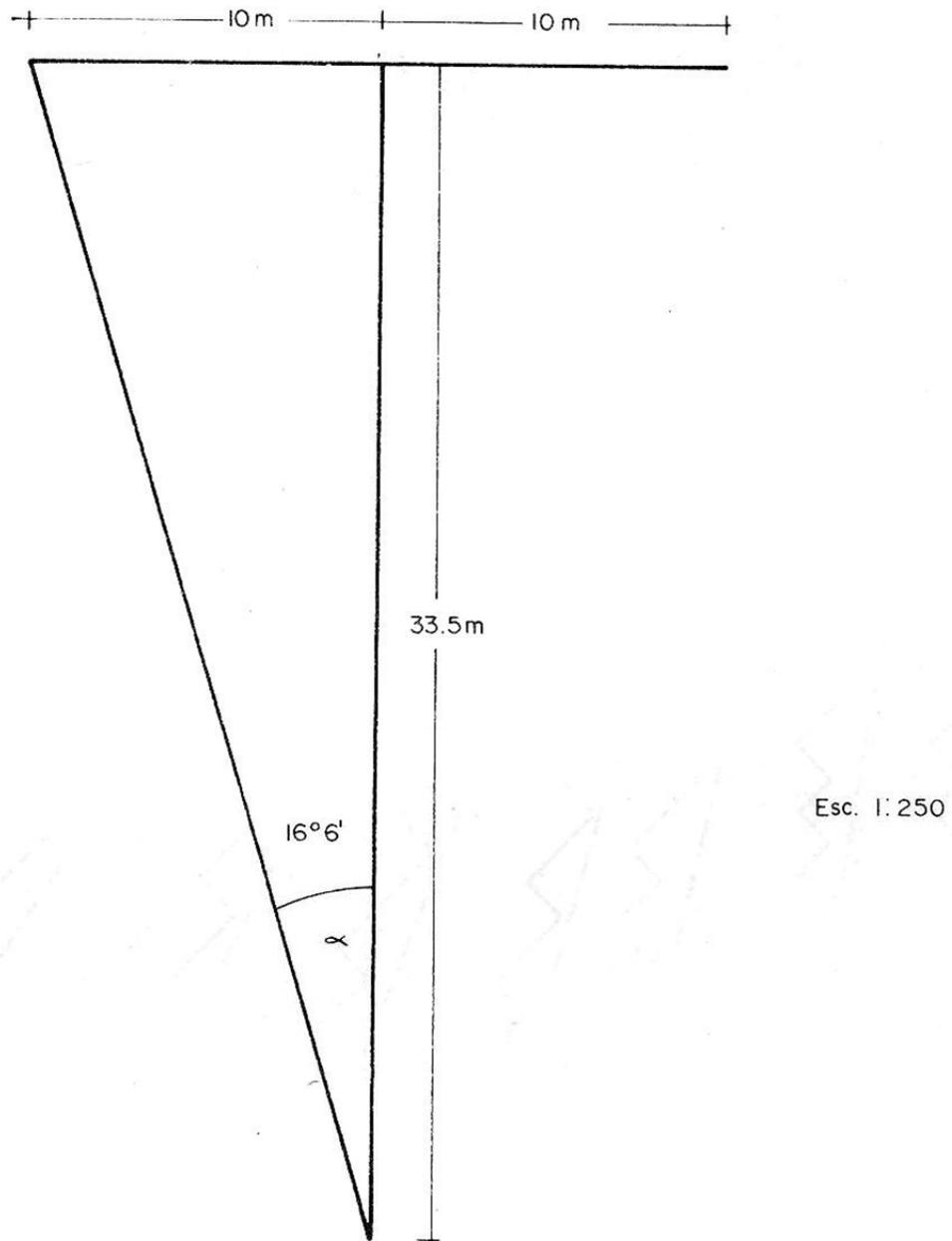


Fig 2 ESTIMACION DEL ANGULO HORIZONTAL DE ATAQUE DEL PAÑO DE LA RED PROTOTIPO

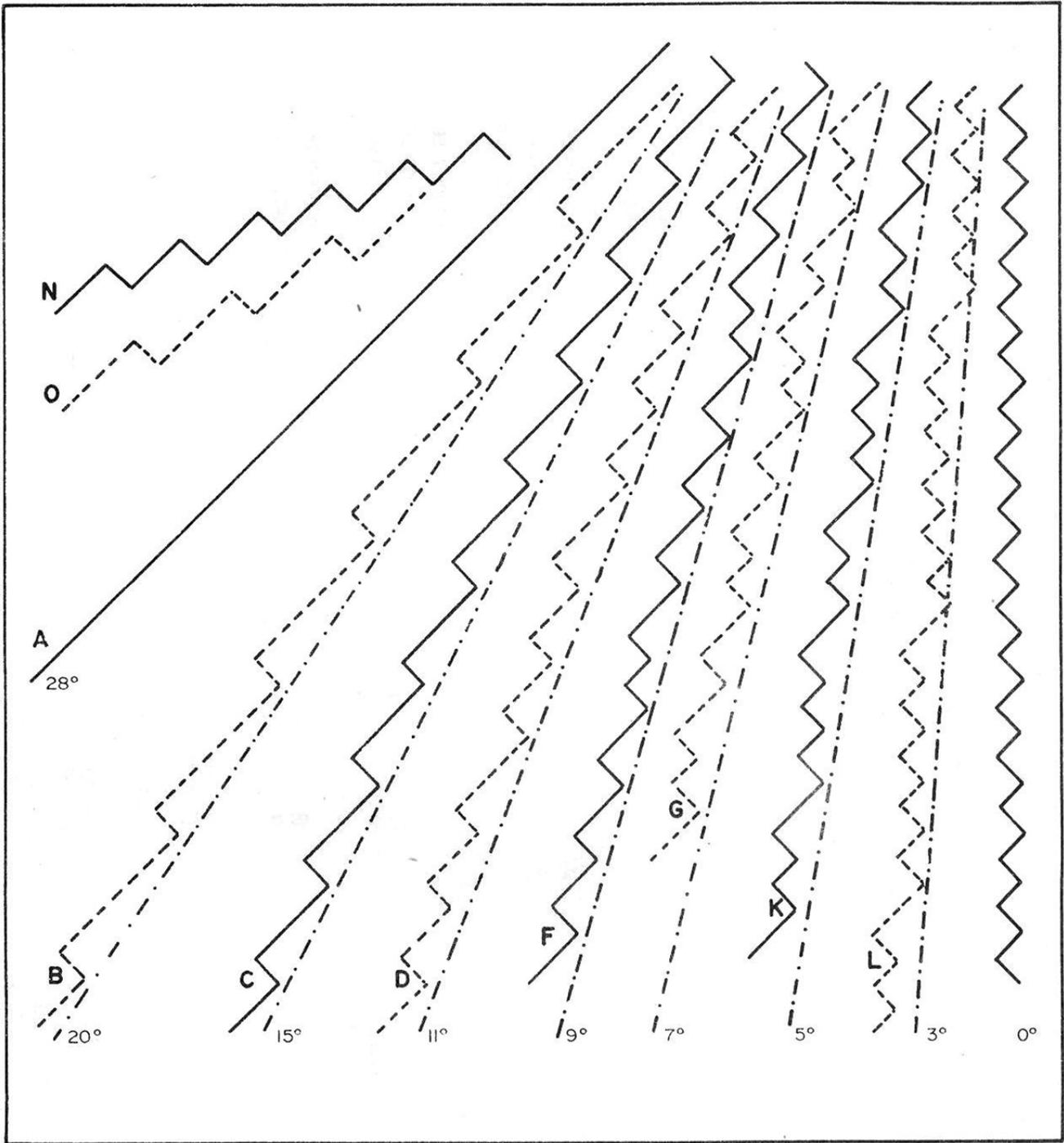


Fig. 3

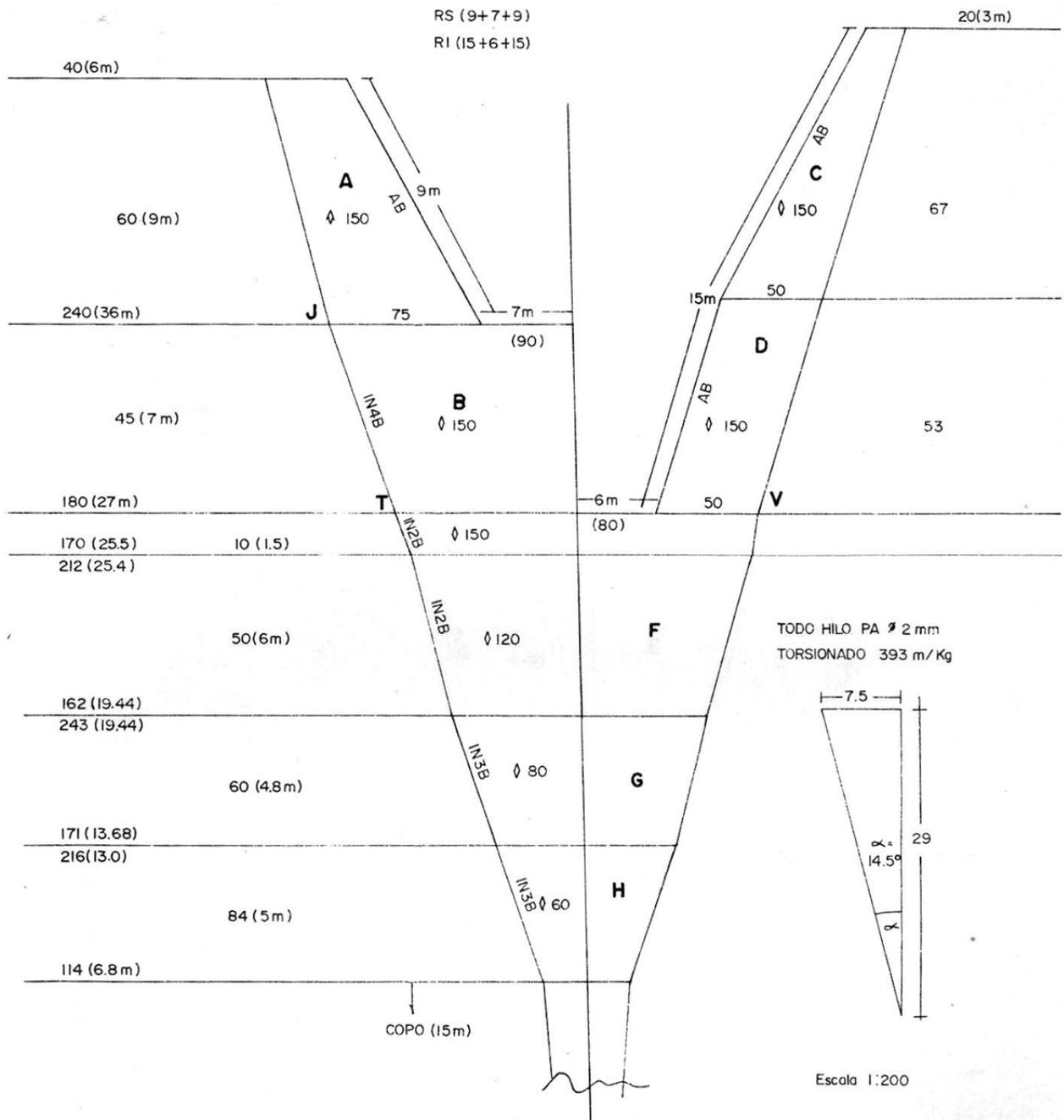


Fig. 5

T A B L A N C . 1

PROPORCIONES AFECTIVADAS EN PEDES DE ALBASTR

TEM	ZONAS	DE	PESCA	Y	GRUPOS	ECOLOGICOS	DE	ESPECIES
	ZONA A-especies pegadas al fondo	ZONA B-especies cerca del fondo	ZONA C-especies pelágicas					NOTAS
Velocidad de arrastrre reco- mendada	v - 2,0-3,0	v - 2,5 - 3,5	v = 3,0 - 4,0m	v = 3,0 - 5,0m				Según máximo mo- vimiento de la especie
Longitud de bridas recomen- dadas en m	2 - 4m c/u	6 - 12m c/u	12-25m c/u		Patentes susti- tuyen bridas 60-150m c/u			
Abertura hori- zontal de la red recomendada en porcentaje	hasta L x 0,7 m	hasta L x 0,6 m	hasta L x 0,5 m	hasta L x 0,5 m				Según lo calcu- lado para la abertura ver- tical
Abertura verti- cal de la boca recomendada en metros	1 - 1,5 m	1,0-3,0 m	4,0-6,0 m	10-20 m				Según comporta- miento de es- pecies

T A B L A N O . 1

PECIFICACIONES APROXIMADAS EN REDES DE ARRASTRE

I T E M	ZONAS DE PESCA		Y GRUPOS ECOLÓGICOS	DE ESPECIES	
	ZONA A-especies pegadas al fondo	ZONA B-especies cerca del fondo			ZONA B-especies pelágicas
Abertura horizontal de la malla	$\frac{2a}{2}$ (50%)	$\frac{2a}{2}$ (50%)	2a x 0,4 (40%)	2a x 0,4 (40%)	Baja la abertura de malla causada por la velocidad de arrastre.
Longitud del ala estirada	$Ah = \frac{Ba}{2}$	$Ah = \frac{Ba}{2}$	$Ah = Ba \times 0,4$	$Ah = Ca \times 0,25$	
Longitud del cuerpo estirado	$Bh + Ch = Ah$	$Bh + Ch = Bax0,62$	$Bh + Ch = Bax0,75$	$Ch = Ca$	
Anchura de la pieza cuadrada en forma estirada	$Ba = \frac{Bh + Ch}{2}$	$Ba = Bh + Ch \cdot 0,62$	$Ba = Bh + Ch \cdot 0,75$	$Ca = \frac{Ah}{0,25}$	Se refiere al primer paño
Altura de la punta de alas en forma estirada	$Aa + Ai = 4m$ (aprox)	$Aa + Ai = 6m$ (aprox)	$Aa = 8 - 10m$ (aprox)	$Aa = 2m$ 8 alas-boca cuadrada	Dividir entre superior e inferior en porción $\frac{2}{3}$ a $\frac{1}{3}$
Longitud de la pieza cuadrada en forma estirada	$Bh = 2 - 8m$	$Bh = 4 - 9m$	$Bh = 4 - 5m$	No hay	Según las observaciones de la variación de especies máxima reacción en seg/min.
Longitud del copo total estirado	$Dh = Ch$	$12 - 16m$	$12 - 16m$	$16 - 20m$	Según rendimiento y maniobra a bordo