INIDEP

INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO PESQUERO

INFORME DE ASESORAMIENTO Y TRANSFERENCIA

Número	Páginas	Fecha de aprobación
072	010	02 AGO 2016

Dirección: DIRECCIÓN DE INFORMACIÓN, OPERACIONES Y TECNOLOGIA

Programa / Gabinete: Desarrollo de Artes de Pesca, Métodos de Captura y Transferencia de Tecnología

Actividad:

VARIACIÓN DE LA DISTANCIA ENTRE PORTONES HIDRODINÁMICOS EN FUNCIÓN DE LA CARGA EN REDES DE ARRASTRE (ANÁLISIS SIMPLIFICADO)

Se realiza el desarrollo teórico de la configuración que adopta el aparejamiento de las redes de arrastre en función de la carga de las mismas, con el fin de determinar la distancia entre portones. Se presenta el ejemplo de la variación de la distancia entrre portones de una red tipo tangonera, obteniendose claras evidencias de la influencia de la carga de la red sobre la misma.

Los resultados obtenidos muestran que el incremento de la resistencia al avance de la red hace disminuir la distancia entre portones, y por lo tanto, la abertura horizontal de la misma. Estos cambios en la geometría de las redes utilizadas para muestreo biológico, contribuyen al sesgo y varianza de los muestreos asociados a dicha geometría.

Citar Indicando la fuente. El contenido no debe ser reproducido total o parcialmente sin la expresa conformidad del INIDEP

SOLICITADO POR — Institución: | Cargo:

PREPARADO POR

Firma:

ROTH, RICARDO ROBERTO

Nombre:

APROBADO POR

Jefe de Programa / Gabinete

Lic. RAUL PETA
A/C DIRECCION DE Información, Operación y Tecnología
Director de área

Dr. OTTO C. WÖHLER
DIRECTOR
INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACION Y DESARROLLO PESQUERO
INIDEP
Director Nacional de Investigación

Director del INIDEP

COPIA ELECTRÓNICA INIDEP

VARIACIÓN DE LA DISTANCIA ENTRE PORTONES HIDRODINÁMICOS EN FUNCIÓN DE LA CARGA EN REDES DE ARRASTRE (ANÁLISIS TEÓRICO SIMPLIFICADO)

Roth, Ricardo R.

Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero - INIDEP

COPIA ELECTRÓNICA INIDEP

INTRODUCCIÓN

En nuestro país, gran parte de las capturas pesqueras se obtienen mediante la utilización del método denominado arrastre de fondo; es decir, a través de artes de pesca que se mueven en contacto con el fondo marino, al ser remolcadas por uno o más barcos, por medio de uno o dos cables de arrastre (Roth y García, 2014).

Para lograr la abertura horizontal de las redes, cuando se opera con un solo barco, se utilizan las denominadas puertas hidrodinámicas o portones. En el caso de la utilización del sistema de pesca denominado “a la pareja”, no se utilizan portones y la abertura horizontal de la red se logra a través de la separación entre las embarcaciones que arrastran el equipo de pesca.

Como resultado de la operación de arrastre, se genera un complejo sistema de fuerzas, en todo el aparejo de pesca que incluye a la red, portones, cables de arrastre, etc., que se mantienen en un equilibrio dinámico, mientras se mantengan las condiciones de trabajo. Si se produce algún cambio en dichas condiciones, todo el aparejo de pesca se moverá, dado que es un sistema elástico, hasta que todas las fuerzas actuantes en las distintas partes del sistema alcancen una nueva condición de equilibrio.

Mediciones realizadas a bordo durante experiencias de pesca con redes de arrastre de fondo han revelado que la geometría de la red es afectada por la captura (Priour & De la Prada, 2015).

En el presente informe se realiza un análisis teórico simplificado, con el objeto de obtener la variación de la distancia entre portones a medida que se incrementa la resistencia al avance de una red de arrastre, debido al incremento de la resistencia hidrodinámica causada por la captura retenida en el copo de la misma.

MATERIALES Y MÉTODOS

Con el fin de simplificar las ecuaciones a utilizar, se toman las siguientes consideraciones:

1. El sistema trabaja en un plano.
2. Los cables son elementos indeformables.
3. Se desprecia la resistencia al avance generada en los cables.
4. Los cables de arrastre y malletas o bridas se suponen unidos en el centro de presión de los portones, con lo que se eliminan los momentos generados por la aplicación de fuerzas en diferentes puntos.
5. No se tiene en cuenta el rozamiento de los distintos componentes del aparejo de pesca, para el caso de arrastre demersal, con el fondo marino.

En la Figura 1 se presenta el esquema de un aparejo típico de arrastre de fondo. En la misma no se incluye la embarcación.

Las fuerzas que actúan en el aparejo de pesca, debido al movimiento, pueden ser representadas por vectores, los cuales se aplican en los baricentros de los distintos componentes.

Debido a las suposiciones planteadas, el punto de aplicación de dichas fuerzas puede ser desplazado sobre su recta de acción sin que resulte alterado su efecto (Fliess, 1970).

En el equilibrio dinámico (movimiento uniforme), el sistema de fuerzas que se genera en el punto de unión de los cables con los portones (suposición 4), puede representarse como se muestra en la Figura 2. Los vectores que se muestran en la mencionada figura son: La fuerza que se aplica en el cable de arrastre (T), la resistencia al avance de la red en el agua (R_R), la fuerza de expansión del portón (F_{CL}) y la resistencia al avance del portón (F_{CD}). Los ángulos α y β son los ángulos que forman el cable de arrastre y las bridas y malletas, en relación a la dirección de arrastre, respectivamente. Se muestra un solo lado del aparejamiento, dado que el sistema es simétrico.

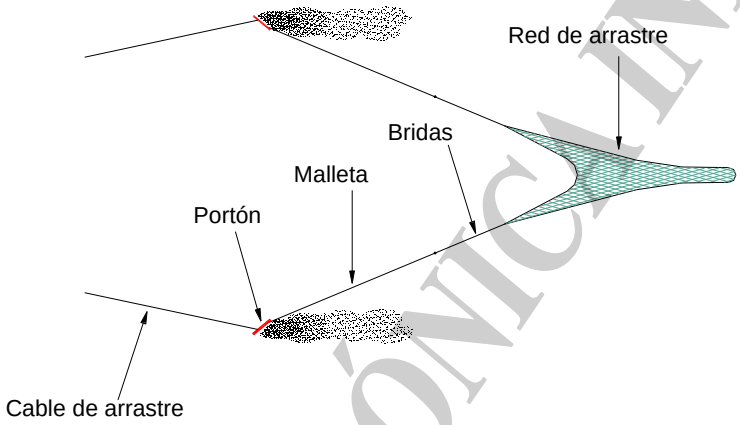


Figura 1. Diagrama de operación de pesca de arrastre de fondo.

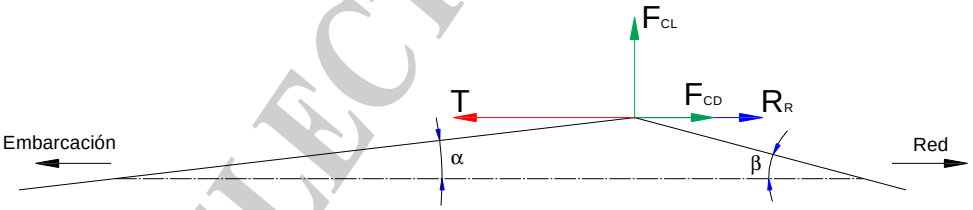


Figura 2. Sistema de fuerzas en equilibrio dinámico (de un lado del aparejo).

Las fuerzas que se ejercen sobre los cables, debido a la resistencia al avance de la red y la fuerza ejercida por la embarcación, inducirán sobre los mismos, los que se denominan tensiones o esfuerzos tangenciales y de corte (Feodosiev, 1976).

Los esfuerzos generados de cada lado de la red serán:

Del lado de la embarcación:

$$E_{TT} = T \times \cos\alpha \qquad (1)$$

$$E_{TC} = T \times \text{sen}\alpha \qquad (2)$$

COPIA ELECTRÓNICA INIDEP

Siendo:

E_{TT} = esfuerzo tangencial debido a la fuerza (T) que se aplica en cada cable de arrastre

E_{TC} = esfuerzo de corte debido a la fuerza (T) que se aplica en cada cable de arrastre

Del lado de la red se tendrá:

$$E_{RT} = \frac{R_R}{2} \times \cos\beta \qquad (3)$$

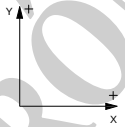
$$E_{RC} = \frac{R_R}{2} \times \text{sen}\beta \qquad (4)$$

Siendo:

E_{RT} = esfuerzo tangencial debido a la resistencia al avance de la red sobre los cables (bridas y malleta)

E_{RC} = esfuerzo de corte debido a la resistencia al avance de la red sobre los cables (bridas y malleta)

En el presente trabajo se toma el sistema de ejes cartesianos tradicional



Las tensiones generadas en los cables, debido al ángulo que poseen respecto de la dirección de arrastre, pueden ser descompuestas en sus componentes según los ejes X e Y. Las componentes de las fuerzas en el eje Y son, fundamentalmente, las que originan la variación de la separación de los portones, y por ende, la abertura horizontal de la boca de las redes de arrastre.

Por lo tanto, aplicando relaciones trigonométricas se obtiene:

$$F_{TY} = E_{TT} \times \text{sen}\alpha + E_{TC} \times \cos\alpha \qquad (5)$$

$$F_{RY} = E_{RT} \times \text{sen}\beta + E_{RC} \times \cos\beta \qquad (6)$$

Remplazando los valores de los esfuerzos determinados en las ecuaciones (1) a (4) en las ecuaciones (5) y (6) se obtiene:

$$F_{TY} = T \times \cos\alpha \times \text{sen}\alpha + T \times \text{sen}\alpha \times \cos\alpha = 2 \times T \times \text{sen}\alpha \times \cos\alpha$$

$$F_{RY} = \frac{R_R}{2} \times \cos\beta \times \text{sen}\beta + \frac{R_R}{2} \times \text{sen}\beta \times \cos\beta = R_R \times \text{sen}\beta \times \cos\beta$$

Aplicando el teorema del seno (Leithold, 2007) resulta:

COPIA ELECTRÓNICA INIDEP

$$F_{TY} = T \times \text{sen}2\alpha \quad (7)$$

$$F_{RY} = \frac{R_R}{2} \times \text{sen}2\beta \quad (8)$$

Para que el sistema se mantenga en equilibrio se debe cumplir que la sumatoria de todas las fuerzas resulte igual a cero, en cada uno de los ejes:

- Eje X: $F_{CD} + \frac{R_R}{2} - T = 0$ (9)
- Eje Y: $F_{CL} - F_{TY} + F_{RY} = 0$ (10)

Remplazando los valores de las fuerzas obtenidas a través de las ecuaciones (7) y (8) en la ecuación (10), se tiene:

$$F_{CL} - T \times \text{sen}2\alpha + \frac{R_R}{2} \times \text{sen}2\beta = 0 \quad (11)$$

Despejando T de la ecuación (9) y remplazando en (11) resulta:

$$F_{CL} - \left(F_{CD} + \frac{R_R}{2} \right) \times \text{sen}2\alpha + \frac{R_R}{2} \times \text{sen}2\beta = 0 \quad (12)$$

En las relaciones anteriores se desprecian los momentos de fuerzas que surgirían debido a la diferencia de ubicación de los centros de gravedad de los distintos componentes que forman el aparejo de pesca.

Con el fin de determinar la resistencia hidrodinámica (F_{CD}) y la fuerza de expansión (F_{CL}) del portón, se utiliza el modelo de Newton de resistencia al avance de un cuerpo sumergido en un fluido (Martini, 2006)

$$F_{CD} = \frac{1}{2} \times \delta \times V^2 \times S \times CD \quad (13)$$

$$F_{CL} = \frac{1}{2} \times \delta \times V^2 \times S \times CL \quad (14)$$

En las cuales:

δ = densidad del agua de mar (kg/m^3)

V = velocidad de arrastre o velocidad relativa entre el agua y el elemento en movimiento (m/s)

S = Superficie del portón (m^2)

COPIA ELECTRÓNICA INIDEP

C_D = coeficiente de resistencia al avance del portón

C_L = coeficiente de expansión del portón

Para determinar la resistencia al avance de la red se puede utilizar la ecuación propuesta por Tauti (Nomura, 1981)

$$R_R = 25 \times \frac{D}{L} \times V^2 \times \lambda^2 \qquad (15)$$

En la cual

D = diámetro del hilo utilizado (mm)

L = mallero (mm)

V = velocidad de arrastre (m/s)

λ = longitud de la relinga superior (m)

En el caso de tener paños de red con distinto diámetro de hilo (D) y diferente mallero (L), se debe tomar un promedio de todos ellos.

Debido a que los cables se encuentran unidos en el portón (punto de aplicación de la fuerza F_{CL}, Figura 3), la distancia de éste al centro de simetría, se puede determinar por las relaciones trigonométricas:

$$a = L_C \times \text{sen}\alpha \qquad (16)$$

$$a = L_R \times \text{sen}\beta$$

En las cuales

a = distancia del portón al centro de simetría de la red (m)

L_C = largo de cable de arrastre (m)

L_R = suma de las longitudes de malleta, bridas y cuerpo de la red (m)

Igualando y despejando se tiene:

$$L_C \times \text{sen}\alpha = L_R \times \text{sen}\beta$$

$$\text{sen}\beta = \frac{L_C}{L_R} \times \text{sen}\alpha$$

$$\beta = \text{arcsen}\left(\frac{L_C}{L_R} \times \text{sen}\alpha\right) \qquad (17)$$

COPIA ELECTRÓNICA INIDEP

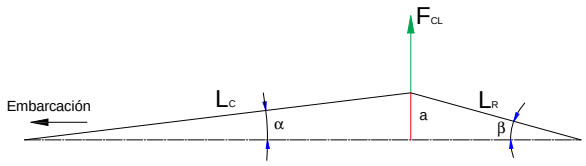


Figura 3. Diagrama de relación de largos de cables y ángulos

Introduciendo en una planilla de cálculo MS-Excel las ecuaciones (12), (13), (14), (15) y (17), se obtiene, a través de un proceso iterativo, el valor del ángulo (α) que permite satisfacer la condición planteada por la ecuación (12)

$$F_{CL} - \left(F_{CD} + \frac{R_R}{2}\right) \times \text{sen}2\alpha + \frac{R_R}{2} \times \text{sen}\left\{2\left[\text{arcsen}\left(\frac{L_C}{L_R} \times \text{sen}\alpha\right)\right]\right\} = 0$$

Con el ángulo obtenido, remplazando su valor en la ecuación (16) se puede conocer el valor de la separación entre portones (D_P)

$$D_P = 2 \times a = 2 \times L_C \times \text{sen}\alpha$$

RESULTADOS Y CONCLUSIONES

En la Figura 4 se presenta el gráfico resultante de la aplicación de la mencionada planilla de cálculo con diferentes condiciones de carga de la red. En ella se muestra la variación de la distancia entre portones, en función de la carga hidrodinámica adicional, provocada por la captura en una red de arrastre tipo tangonera (Figura 5) que posee una relinga superior de 22,00 m de largo, en la cual los portones se encuentran unidos a la misma, a través de bridas de 1 m de longitud.

Con el fin de comprobar los resultados obtenidos con la simplificación propuesta, se realizó la simulación de la mencionada red, utilizando el programa de simulación de redes de arrastre, DynamiT desarrollado por el Instituto Francés de Investigación para la explotación del Mar (IFREMER).

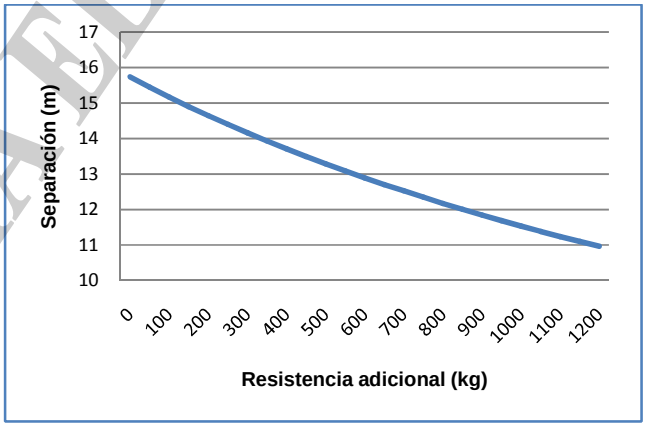


Figura 4. Variación de la distancia entre portones en función de la resistencia hidrodinámica adicional.

COPIA ELECTRÓNICA INIDEP

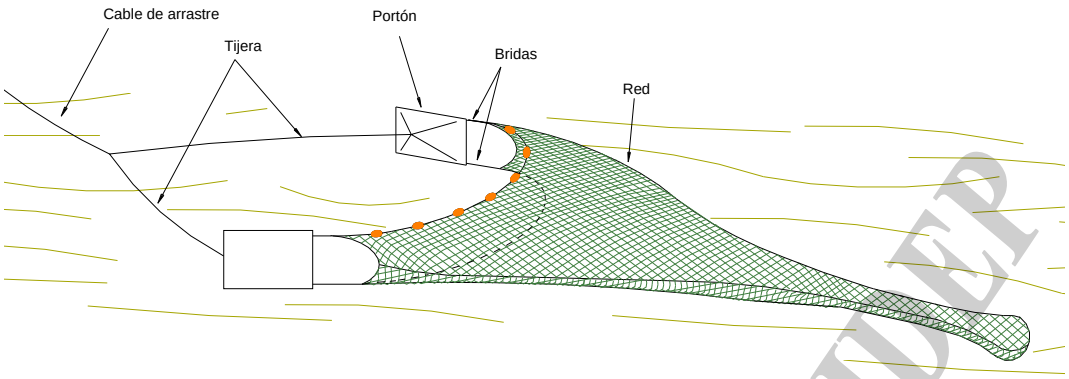


Figura 5. Red tipo tangonera con los componentes de su aparejamiento.

En la Tabla 1 se presentan los resultados obtenidos de la distancia entre portones (DP) en función de la carga adicional aplicada a la red de arrastre tomada como ejemplo.

En la Figura 6 se muestra la comparación de la disminución de la distancia entre portones en función de la carga adicional de la red mediante la aplicación de ambos métodos, cálculo simplificado y con la aplicación del DynamiT.

Tabla 1. Resultados de la distancia entre portones en función de la carga adicional aplicada.

F adicional (kg)	DP DynamiT (m)	DP Simplificada (m)	Diferencia (m)
0	15,10	15,73433920	0,63
50	14,90	15,44485551	0,54
100	14,70	15,16714149	0,47
150	14,60	14,90038824	0,30
200	14,40	14,64386806	0,24
250	14,20	14,39692682	0,20
300	14,10	14,15897108	0,06
350	13,90	13,92946198	0,03
400	13,80	13,70790745	-0,09
450	13,60	13,49385752	-0,11
500	13,40	13,28689957	-0,11
550	13,30	13,08665356	-0,21
600	13,20	12,89276820	-0,31
650	13,05	12,70491983	-0,35
700	12,9	12,52280775	-0,38
750	12,8	12,34615196	-0,45
800	12,7	12,17469366	-0,53

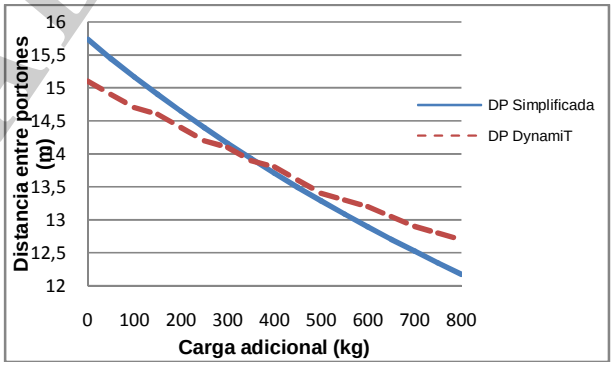


Figura 6. Comparación de la variación de la distancia entre portones, en función de la carga adicional de la red.

COPIA ELECTRÓNICA INIDEP

En la Figura 6 se puede apreciar que ambas curvas de distancia entre portones, en función de la carga adicional aplicada, se comportan como funciones cuadráticas con diferente pendiente. La máxima diferencia en la distancia entre portones se presenta con la red sin carga y resultó de 0,63 m (Tabla 1).

En la Figura 7 se muestra la captura de una pantalla de los resultados de la simulación entregada por el programa DynamiT. En la parte inferior de la misma se pueden apreciar los distintos parámetros informados al final de la simulación.

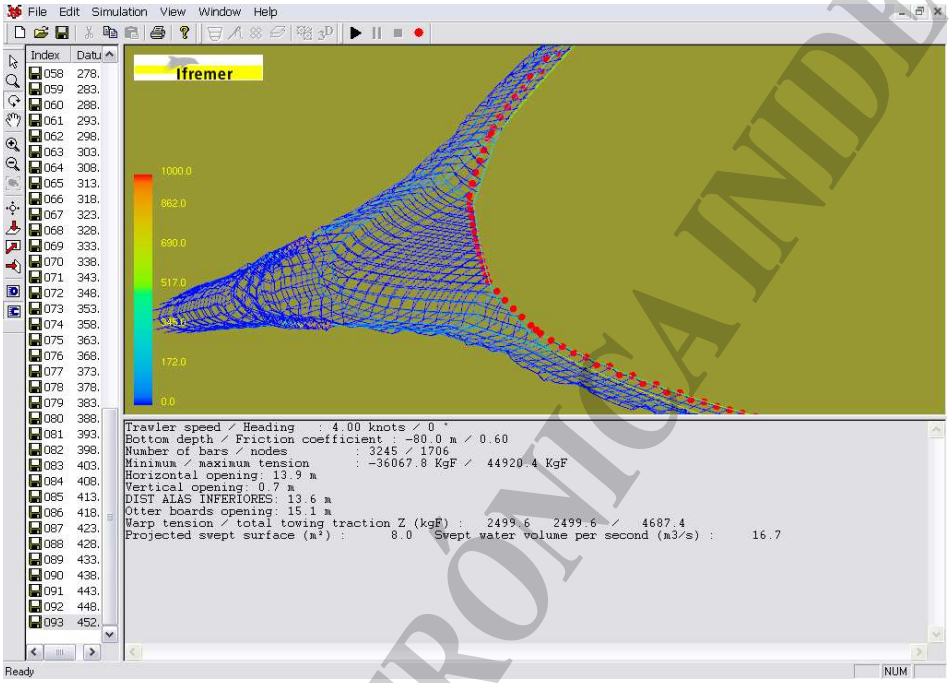


Figura 7. Captura de pantalla de los resultados de la simulación entregada por el DynamiT.

Los resultados obtenidos muestran que el incremento de la resistencia al avance de la red hace disminuir la distancia entre portones, y por lo tanto, la abertura horizontal de la misma. Estos cambios en la geometría de las redes utilizadas para muestreo biológico, contribuyen al sesgo y varianza de los muestreos asociados a dicha geometría (Walsh, 1996).

Es sabido que el área barrida por una red de arrastre de fondo es altamente variable (Godø & Engås, 1989; Lauth *et al*. 1998), debido a la longitud de cable utilizado, al movimiento del barco por el oleaje, por la velocidad de arrastre, etc. En los barcos modernos, algunos de estos inconvenientes pueden ser minimizados con el empleo de los nuevos sistemas aplicados a los guinches de pesca (Scantrol, autotrawl, silecred, etc.) que hacen variar el cable filado en función de la tensión generada. En el caso de la pesca de langostino o de vieira por ejemplo, el arrastre se produce mediante la utilización de una red por banda unida, mediante lo que se denomina tijera (Figura 5), a un solo cable de arrastre. Con este sistema de pesca, la separación entre portones no puede ser modificada con la longitud del cable de arrastre filado. Por lo tanto, la misma irá disminuyendo con la carga y por lo tanto, también lo hará el área barrida por la red.

COPIA ELECTRÓNICA INIDEP

Bibliografía

- Engås, A. and West, C. 1987. Trawl Performance During the Barents Sea Cod and Haddock Survey: Potential Sources of Gear Related Sampling Bias. Fisheries Research, (1987) 5: 279-286.

- Feodosiev, V. 1976. Resistencia de materiales. Ediciones Sapiens, Buenos Aires, Argentina, 576 pp.

- Fliess, E. 1970. Estabilidad tomo I. Editorial Kapelusz, Buenos Aires, Argentina, 660 pp.

- Godø, O. R. and Engås, A. 1989. Swept area variation with depth and its influence on abundance indices of groundfish from trawl surveys. J. Northw. Atl. Fish. Sei., Vol. 9: 133-139.

- Lauth, R.; Syrjala, S. and McEntire, S. 1998. Effects of Gear Modifications on the Trawl Performance and Catching Efficiency of the West Coast Upper Continental Slope Groundfish Survey Trawl. Alaska Fisheries Science Center processed report 98-04. 64 pp.

- Leithold, L. 2007. Álgebra y trigonometría con geometría analítica. Oxford University Press. México, 899 pp.

- Martini, L. 2006. Artes y métodos de pesca Nivel III. Ed. Martín. Mar del Plata, Argentina. 218 pp.

- Nomura, M. 1981. Fishing Techniques (2). Compilation of transcript of lectures presented at the Kanagawa International Fisheries Training Center. Japan International Cooperation Agency. 183 pp.

- Priour, D. and De La Prada, A. 2015. An experimental/numerical study of the catch weight influence on trawl behavior. Ocean Engineering; Volume 94: 94-102.

- Roth, R. y García, J. 2014. análisis dinámico-teórico de la relación entre la longitud del cable de arrastre y la profundidad de pesca para una rastra destinada a la captura de vieira. Inf. As. y Tr. INIDEP Nº 124/2014, 12 pp.

- Walsh, S. 1996. Efficiency of Bottom Sampling Trawls in Deriving Survey Abundance Indices. NAFO Sci. Coun. Studies, 28: 9–24

- http://www.silecmar.com/productos/control-automatico-de-maquinillas/

- http://www.scantrol.com/category/products/fishing

- http://www.rolls-royce.com/products-and-services/marine/product-finder/deck-machinery/fishing-vessels/synchro-rtx-control-system-fishing

COPIA ELECTRONICA INIDEP