2025

Informe de
ASESORAMIENTO
y TRANSFERENCIA
026-25
NO-2025-34920857-APN-DNI#INIDEP
4/04/2025

Portones SPF: Comportamiento a grandes profundidades y análisis de algunas soluciones técnicas para su utilización

Ricardo R Roth y Franco Rubio

COPIA ELECTRÓNICA INIDEP

Citar como:
Roth RR y Rubio F. 2025. Portones SPF: Comportamiento a grandes profundidades y análisis de algunas soluciones técnicas para su utilización. Inf ASES INIDEP Nº 026/25, 11 pp.

INIDEP
INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIÓN
Y DESARROLLO PESQUERO

Portones SPF: Comportamiento a grandes profundidades y análisis de algunas soluciones técnicas para su utilización

Ricardo R Roth y Franco Rubio

Instituto Nacional de investigación y Desarrollo Pesquero

Resumen

En este trabajo se analizaron las posibles causas del comportamiento inestable que mostraron los portones Morgère SPF utilizados en la campaña VA-2024/05 a profundidades mayores a los 100 m y se presentan las posibles soluciones técnicas para su operación.

Se realizaron simulaciones por computadora aplicando algunas de las propuestas surgidas en la reunión mantenida el día 28 de junio del corriente año con un fabricante de portones local.

Como resultado de los análisis y simulaciones realizadas se concluye que las características técnicas de los portones Morgère SPF hacen que, con el aparejamiento utilizado en las redes de arrastre empleadas en el INIDEP para la evaluación de distintos recursos pesqueros, no se puedan utilizar, sin los inconvenientes manifestados en diversas campañas, a grandes profundidades; El incremento del peso de los portones no trae ningún beneficio a la limitación de la abertura horizontal de la red. Como resultado de las simulaciones se observó que extender las patentes o malletas, además de que esto haría que se vea afectada la evaluación de recursos pesqueros por la modificación del área barrida, no soluciona el problema de la separación entre portones y, por lo tanto, de la excesiva abertura horizontal de la red. La posibilidad de utilizar un cable limitador entre portones con el fin de establecer una separación máxima entre ellos sin importar la profundidad de trabajo sería una solución aplicable (hay algunos trabajos que hacen referencia a este método de limitar, o regular, la separación entre portones). Se debería analizar la posibilidad de su implementación práctica a bordo. Las tensiones generadas, por simulación, permitirían emplear un cable separador de menor diámetro; por ejemplo, de 12 mm (se debería tener en cuenta un factor de seguridad alto para evitar posibles roturas del mismo al momento de inicio y fin de las maniobras de pesca) y estudiar la posibilidad de modificar las toberas que poseen los portones. Por último, se concluye que las características técnicas de los portones polivalentes hacen que se puedan utilizar sin inconvenientes a diferentes profundidades ya que los coeficientes de expansión son bajos y prácticamente estables con diferentes ángulos de ataque.

Palabras Clave

Portones hidrodinámicos, comportamiento, coeficiente de expansión

Introducción

La pesca de arrastre se realiza utilizando redes que pueden operar sobre el fondo marino, arrastre de fondo, o a media agua, arrastre pelágico. Para que dichas redes funcionen adecuadamente se debe contar con lo que se denomina aparejamiento, el cual debe ser acorde al tipo de red que se trate. Una parte fundamental del aparejamiento la constituyen los denominados “portones hidrodinámicos”, los cuales permiten que las redes logren una cierta abertura horizontal en función de su separación.

En la Figura 1 se presenta un esquema, en vista superior, de un aparejo de pesca de arrastre de fondo. En él se pueden observar los elementos que lo componen y, además, se muestra la referencia de la distancia entre portones (Dp) y la abertura horizontal de la red (Ah).

COPIA ELECTRÓNICA INIDEP

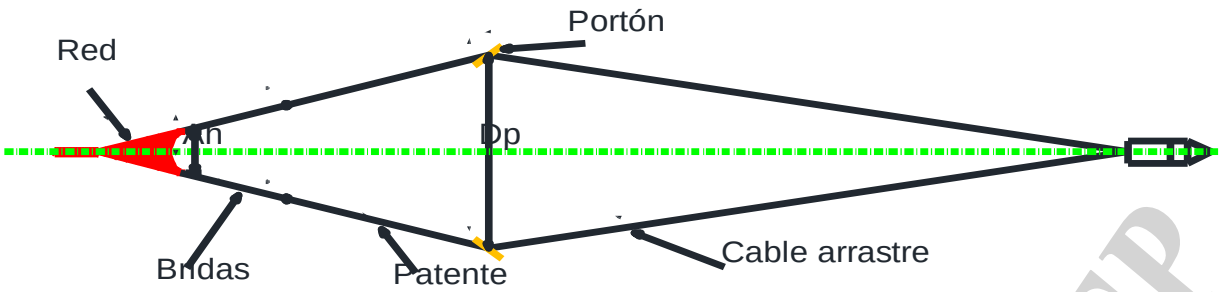


Figura 1. Vista superior de un aparejo de pesca de arrastre de fondo con sus elementos constitutivos.

Durante la realización de la campaña VA-2024/05, llevada a cabo entre los días 3 y 14 de junio de 2024, en la cual se efectuaron pruebas de distintas redes de arrastre disponibles en el INIDEP, se utilizaron los portones hidrodinámicos Morgère SPF 08,5 de 1200 kg de peso y 4,9 m^2 de área cada uno para lograr la abertura horizontal de las redes. En dicha experiencia se utilizaron diferentes ángulos de ataque y posiciones de enganches de las redes y de cables de arrastre (Rubio et al. 2024).

En la mencionada campaña se notaron algunas dificultades en el comportamiento de los portones a profundidades mayores a 100 m (Rubio et al. 2024). Por tal motivo, el día 28 de junio del corriente año se llevó a cabo una reunión entre distintos investigadores del INIDEP con un fabricante de portones de la ciudad de Mar del Plata, a fin de evaluar las posibles causas y pasos a seguir (García et al. 2024).

Dado que el buen funcionamiento de dichos portones resulta fundamental para una adecuada evaluación de diversos recursos pesqueros, en este informe se evalúan las posibles causas de su desempeño y algunas de las posibles soluciones para su utilización a profundidades mayores a los 100 m discutidas en la mencionada reunión.

Materiales y métodos

Utilizando el modelo de Newton de resistencia al avance de un cuerpo sumergido en un fluido, se puede determinar la resistencia hidrodinámica (D) y la fuerza de expansión (L) que actúa en cada portón.

Las ecuaciones empleadas para el cálculo de dichos parámetros son (Martini 2006):

$$D = \frac{1}{2} \times \delta \times V^2 \times S \times C_D \qquad (1)$$

$$L = \frac{1}{2} \times \delta \times V^2 \times S \times C_L \qquad (2)$$

En las cuales:

δ = densidad del agua de mar (kg. s^2/m^4)

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

S = Superficie del portón (m^2)

C_D = coeficiente de resistencia al avance del portón

C_L = coeficiente de expansión del portón

Con el menor ángulo de ataque de los portones utilizado en la campaña VA-2024/05, los coeficientes de resistencia al avance y de expansión son C_D = 0,4 y C_L = 0,92 respectivamente (Morgère 2019).

COPIA ELECTRÓNICA INIDEP

Suponiendo una velocidad de arrastre de 4 nudos, se calculó la resistencia al avance (D) y la fuerza de expansión (L) de cada portón.

En la Figura 2 se presenta el sistema de fuerzas que se genera sobre cada portón, en un plano, sin considerar las fuerzas de rozamiento ni los momentos de fuerzas debidos a los puntos de aplicación de dichas fuerzas, a una determinada profundidad de trabajo.

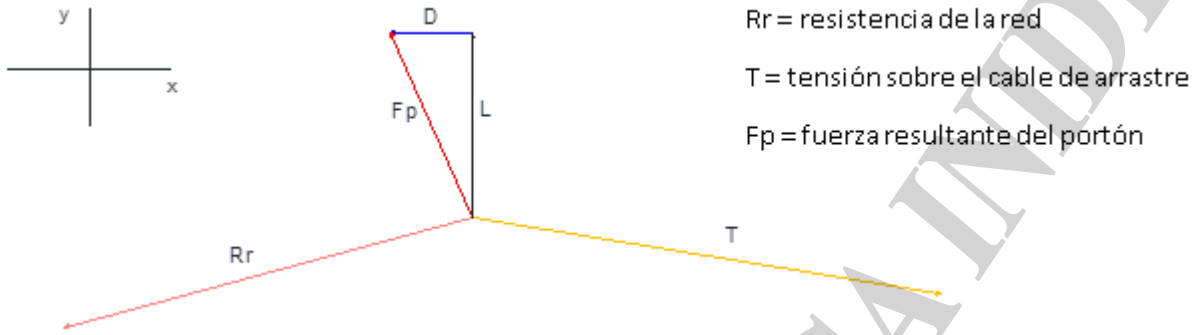


Figura 2. Sistema de fuerzas generado sobre un portón.

Por descomposición de las fuerzas, según los ejes de coordenadas, se obtiene el sistema mostrado en la Figura 3.

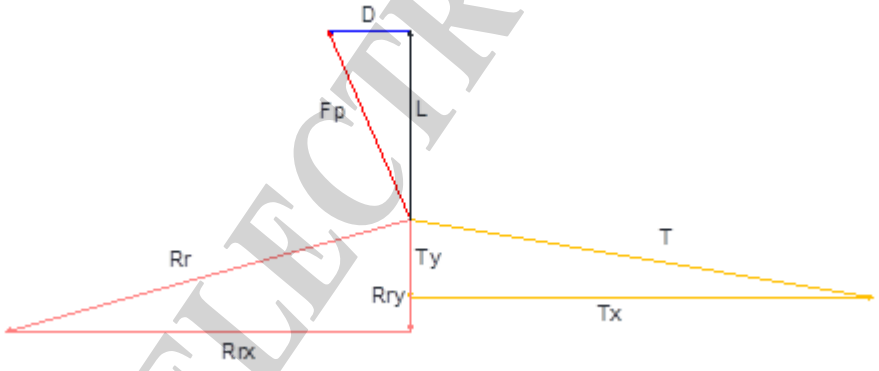


Figura 3. Sistema de fuerzas resultante y su descomposición en los ejes de coordenadas.

Para que el sistema se mantenga en equilibrio, es decir que no se acelere, la sumatoria de fuerzas (vectorial) sobre los ejes debe ser cero:

$$\Sigma x = 0 \Rightarrow D + Rrx - Tx = 0 \Rightarrow D + Rrx = Tx$$

$$\Sigma y = 0 \Rightarrow Rry + Ty - L = 0 \Rightarrow Rry + Ty = L$$

Tomando en consideración las fuerzas sobre el eje de ordenadas, se tiene que la fuerza de expansión del portón (la responsable de la abertura horizontal de las redes) debe ser de igual magnitud y sentido

COPIA ELECTRÓNICA INIDEP

contrario a la sumatoria de las componentes sobre dicho eje de la tensión en el cable de arrastre y de la resistencia al avance de la red. Dicha sumatoria se puede representar por el sistema de fuerzas de la Figura 4.

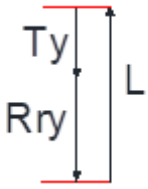


Figura 4. Sistema de fuerzas sobre el eje de ordenadas.

En la campaña de investigación anteriormente mencionada se observó que, al incrementar la longitud de cable filado, necesaria para lograr que el equipo de pesca llegue a mayores profundidades, la distancia entre portones se incrementa. Esta nueva distancia entre portones haría que las fuerzas sobre los portones, suponiendo que no varían en magnitud, tengan componentes sobre los ejes de coordenadas, diferentes a los iniciales. En la Figura 5 se muestra un esquema en planta de la nueva configuración del sistema de pesca.

En la Figura 6 se presenta el nuevo sistema de fuerzas que actúa sobre un portón con la nueva longitud de cable filado que se pretendía utilizar en la mencionada campaña (1200 m), despreciando la variación de resistencia al avance producido por la mayor longitud de los cables y la resistencia por fricción de los distintos elementos constitutivos del aparejo de pesca.

Como se aprecia en dicha figura, debido a la variación de la longitud de los cables de arrastre se produce una mayor separación entre los portones (Dp). Este aumento de Dp provoca la modificación de las componentes de las fuerzas sobre los ejes de coordenadas. La mayor separación entre portones hace que las componentes de las fuerzas de tracción (T) y de Resistencia de la red (Rr) sobre el eje de ordenadas se incremente.

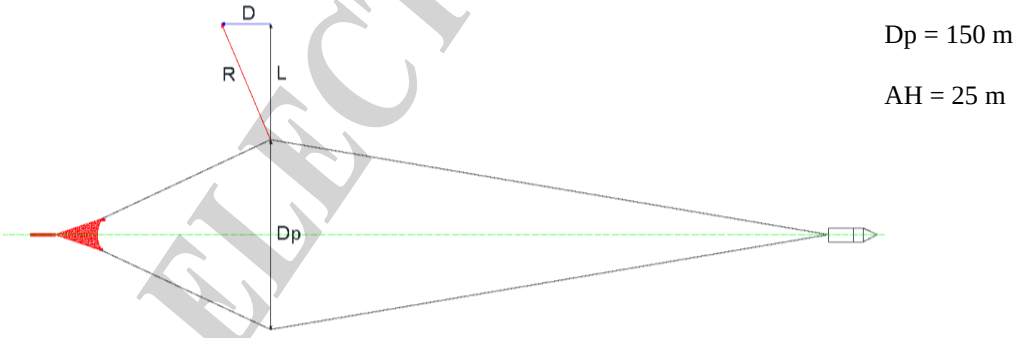


Figura 5. Vista superior de un aparejo de pesca de arrastre de fondo con mayor longitud de cable filado.

COPIA ELECTRÓNICA INIDEP

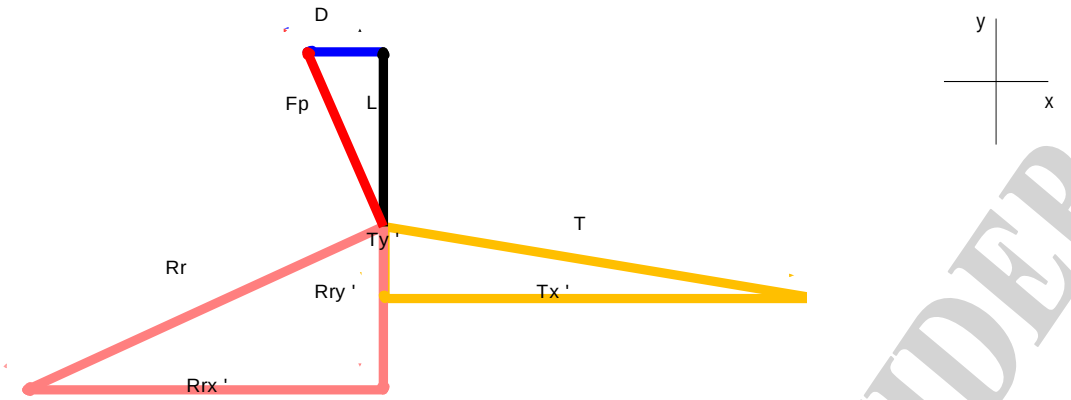


Figura 6. Nuevo sistema de fuerzas resultante y su descomposición en los ejes de coordenadas.

Por otra parte, se realizó la simulación por computadora del comportamiento de la red de arrastre de fondo VA-35/45 operando a una profundidad de 400 m y con 1200 m de cable filado, de acuerdo con el escenario que se presentó en la campaña VA-2024/05 (Rubio et al. 2024). Además, se simuló la red operando en las condiciones mencionadas, variando el peso de las puertas hidrodinámicas desde 1200 kg hasta 1700 kg cada uno, se simuló la utilización de malletas de longitudes mayores a las utilizadas habitualmente en las campañas de evaluación del INIDEP, en este caso de 300 y 350 m de longitud y 38 mm de diámetro. Por último, se realizaron dos simulaciones con el empleo de un cable de acero de 14 mm de diámetro, de 100 m y 110 m de longitud respectivamente, como limitador de la separación entre los portones, de manera de evitar que los mismos logren una excesiva distancia entre ellos. Estas simulaciones se efectuaron dadas las distintas alternativas analizadas en la reunión mencionada anteriormente (García et al. 2024). Todas las simulaciones se ejecutaron a una velocidad de arrastre de 4 nudos.

Para realizar la simulación de redes de arrastre, el Programa Desarrollo de Artes de Pesca y Métodos de Captura del INIDEP cuenta con una licencia extendida por el IFREMER (Instituto francés para la explotación del mar) para el uso del programa DynamiT. El mismo permite realizar diseños de planos de redes en escala y simular su comportamiento en función de los parámetros del aparejamiento y condiciones del arrastre.

Resultados y Discusión

Efectuando la sumatoria vectorial de las fuerzas sobre el eje de ordenadas de la Figura 6, se tiene que la fuerza de expansión del portón (L') debería ser de igual magnitud y sentido contrario a la sumatoria de las componentes sobre dicho eje, de la tensión en el cable de arrastre y de la resistencia al avance de la red, que, como puede apreciarse en la Figura 7, debe ser mayor a la que se tenía originalmente (L).

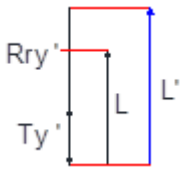


Figura 7. Sistema de fuerzas sobre el eje de ordenadas al operar a mayor profundidad de pesca.

COPIA ELECTRÓNICA INIDEP

Aplicando las ecuaciones (1) y (2) se obtuvo que la resistencia al avance (D) y fuerza de expansión (L) sobre cada portón es de 399,4 $\overrightarrow{kg}$ y 918,5 $\overrightarrow{kg}$ respectivamente.

Recordando que

$$L = \frac{1}{2} \times \delta \times V^2 \times S \times C_L$$

y teniendo en cuenta que los valores δ, V y S son constantes, significa que la única manera de que la fuerza de expansión de los portones (L) se incremente es a través del incremento del coeficiente de expansión C_L.

Observando la gráfica de C_L en función del ángulo de ataque (Figura 8) se puede apreciar que cuanto mayor es el ángulo de ataque mayor es el valor del mencionado coeficiente, con lo que se obtendría una mayor fuerza de expansión, necesaria para alcanzar las distancias entre portones logradas durante la campaña VA-2024/05.

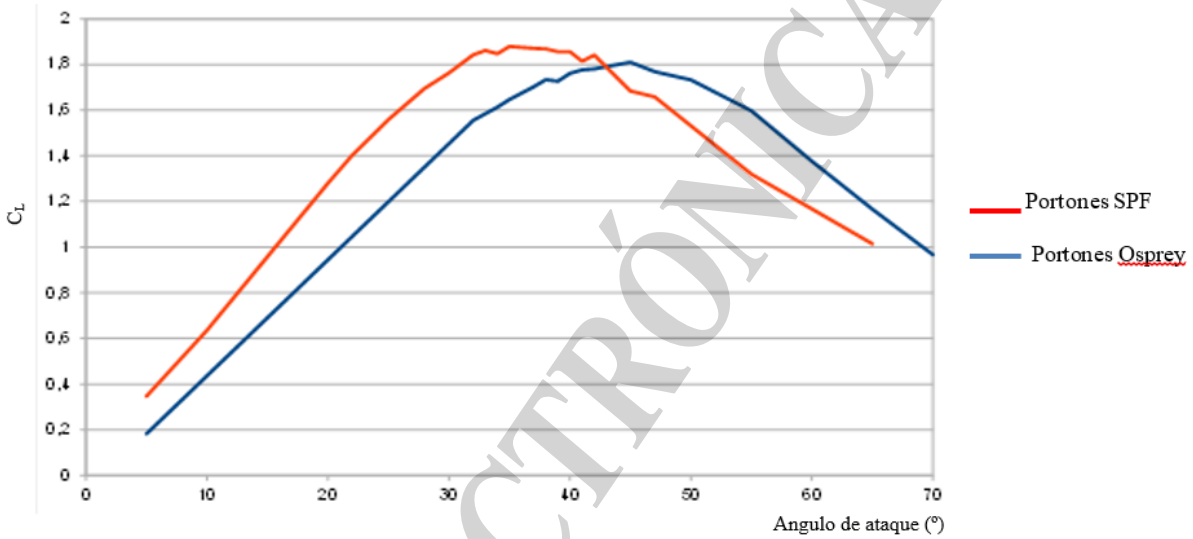


Figura 8. Variación del coeficiente de expansión en función del ángulo de ataque del portón (tomado de Morgère 2019).

Lo mencionado anteriormente indica que los portones cambian su ángulo de ataque en función del cable filado, y por ende de la profundidad de trabajo, tendiendo siempre a lograr una mayor eficiencia mecánica. Esto permite que, por ejemplo, en la pesca comercial se utilicen patentes o malletas de más de 250 m de longitud, con el fin de incrementar el "arreo" de pescado hacia la zona de influencia de las redes.

La pregunta que surge de inmediato, cuando se compara el comportamiento de los portones Morgère SPF con los polivalentes, utilizados desde hace mucho tiempo en el INIDEP, es por qué los portones polivalentes pueden trabajar a diferentes profundidades sin mostrar los inconvenientes presentados por los SPF. La explicación se puede ver en las gráficas de los coeficientes de expansión y resistencia al avance en función del ángulo de ataque que poseen los portones polivalentes (Figura 9). En la mencionada figura se aprecia que el coeficiente de expansión (CL) se mantiene prácticamente constante hasta un ángulo de ataque de 33° y luego disminuye, abruptamente al principio y luego más lentamente. Este comportamiento hidrodinámico haría que la fuerza de expansión se mantenga constante, e incluso disminuya, con la cantidad de cable filado, haciendo que el equipo de pesca posea un comportamiento estable, independientemente de la profundidad de trabajo.

COPIA ELECTRÓNICA INIDEP

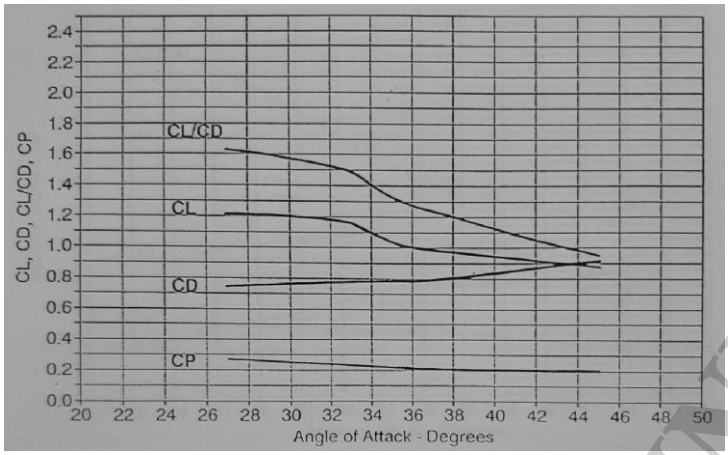


Figura 9. Variación del coeficiente de expansión en función del ángulo de ataque del portón polivalente (tomado de Sea Fish Industry Authority, IFREMER and DIFTA, 1993).

En la Tabla 1 se presentan los resultados de abertura vertical (AV), abertura horizontal (AH), distancia entre portones (DP), resistencia total al avance (R av) y el peso de cada portón sobre el fondo obtenidos en las distintas simulaciones de la red de arrastre de fondo VA-35/45 operando a una velocidad de arrastre de 4 nudos y 400 m de profundidad, con una longitud de cable de arrastre de 1200 m, efectuadas variando el peso de los portones.

Tabla 1. Resultados de abertura vertical (AV), abertura horizontal (AH), distancia entre portones (DP), resistencia total al avance (R av) de la red de arrastre de fondo VA-35/45 operando a una velocidad de arrastre de 4 nudos y el peso de cada portón sobre el fondo en función del peso de los portones obtenidos en las diferentes simulaciones.

Peso portón (kgf)	AV (m)	AH (m)	DP (m)	R av (kgf)	Peso portones sobre el fondo (kgf)
1200	2,4	28,4	162,3	9175,828	105
1300	2,4	28,4	162,2	9262,108	170
1400	2,4	28,4	161,8	9353,843	230
1500	2,4	28,4	161,6	9432,843	315
1600	2,4	28,4	161,6	9513,485	390
1700	2,4	28,3	161,3	9604,885	450

Como se muestra en la tabla anterior la separación entre portones (DP), y por ende la distancia entre puntas de alas (AH), es prácticamente independiente del peso de los portones y excesiva. En los casos analizados las aberturas horizontales de la red resultaron ser de aproximadamente el 80% de la longitud de la relinga superior. Un valor normal para esta abertura sería del 55/60% de dicha longitud. Esta excesiva abertura puede provocar roturas en la red, tal como ocurrió en la campaña VA-2024/05.

En la Tabla 2 se muestran los resultados de la simulación de la mencionada red, con los mismos parámetros de arrastre que en el caso anterior, pero con el agregado de malletas de 300 y 350 m de longitud y 38 mm de diámetro.

COPIA ELECTRÓNICA INIDEP

Tabla 2. Resultados de abertura vertical (AV), abertura horizontal (AH), distancia entre portones (DP), resistencia total al avance (R av) de la red de arrastre de fondo VA-35/45 operando a una velocidad de arrastre de 4 nudos y el peso de cada portón sobre el fondo en función del largo de malletas obtenidos en las diferentes simulaciones.

Con malleta de 300 m					
Peso portón (kgf)	AV (m)	AH (m)	DP (m)	R av (kgf)	Peso portones sobre el fondo (kgf)
1200	2,6	26,0	328,3	9869,528	0
Con malleta de 350 m					
Peso portón (kgf)	AV (m)	AH (m)	DP (m)	R av (kgf)	Peso portones sobre el fondo (kgf)
1200	2,6	25,5	344,5	9976,372	0

Como puede apreciarse en la Tabla 2, la abertura horizontal de la red continúa siendo excesiva para una relinga superior de 35,5 m. En los casos analizados las aberturas horizontales de la red resultaron ser de aproximadamente el 73% y el 72% de la longitud de la relinga superior respectivamente.

Por otra parte, el alargamiento de las malletas produciría el despegue de los portones del fondo, como se puede apreciar en la última columna de dicha tabla.

En la Tabla 3 se muestran los resultados de abertura vertical (AV), abertura horizontal (AH), distancia entre portones (DP), resistencia total al avance (R av) y el peso transmitido al fondo por cada portón obtenidos en las distintas simulaciones de la red de arrastre de fondo VA-35/45 operando a una velocidad de arrastre de 4 nudos y 400 m de profundidad, con una longitud de cable de arrastre de 1200 m, trabajando con un cable limitador entre ambos portones, con longitudes de 100 y 110 m y 14 mm de diámetro.

Tabla 3. Resultados de abertura vertical (AV), abertura horizontal (AH), distancia entre portones (DP), resistencia total al avance (R av) de la red de arrastre de fondo VA-35/45 operando a una velocidad de arrastre de 4 nudos y el peso de cada portón sobre el fondo en función del largo del cable limitador utilizado, obtenidos en las diferentes simulaciones.

Separador 100 m						
Peso portón (kgf)	AV (m)	AH (m)	DP (m)	R av (kgf)	Peso portones sobre el fondo (kgf)	Tensión cable limitador (kgf)
1200	4	20,6	99,5	8607,572	230	992,8
Separador 110 m						
Peso portón (kgf)	AV (m)	AH (m)	DP (m)	R av (kgf)	Peso portones sobre el fondo (kgf)	Tensión cable limitador (kgf)
1200	3,5	21,9	109,1	8734,457	210	882,4

Como puede apreciarse, en estos casos las aberturas horizontales y verticales logradas son más adecuadas a los parámetros de funcionamiento teórico normal de la red. Además, se observa que el peso de los portones sobre el fondo es mayor al transmitido con los portones operando sin ninguna restricción; para el caso de utilizar un cable limitador de 100 m el peso sobre el fondo resultó de 230 kg mientras que, como se ve en la Tabla 1, con los portones de 1200 kg libres, este peso resultó de solamente 105 kg.

COPIA ELECTRÓNICA INIDEP

En la Figura 10 se muestra una imagen de la pantalla de simulación entregada por el programa en la cual se aprecia la red operando con el cable limitador de 100 m de longitud. En ella se aprecia la forma adoptada por el cable separador y el contacto de los portones con el fondo, representado por las flechas verticales en cada uno de ellos.

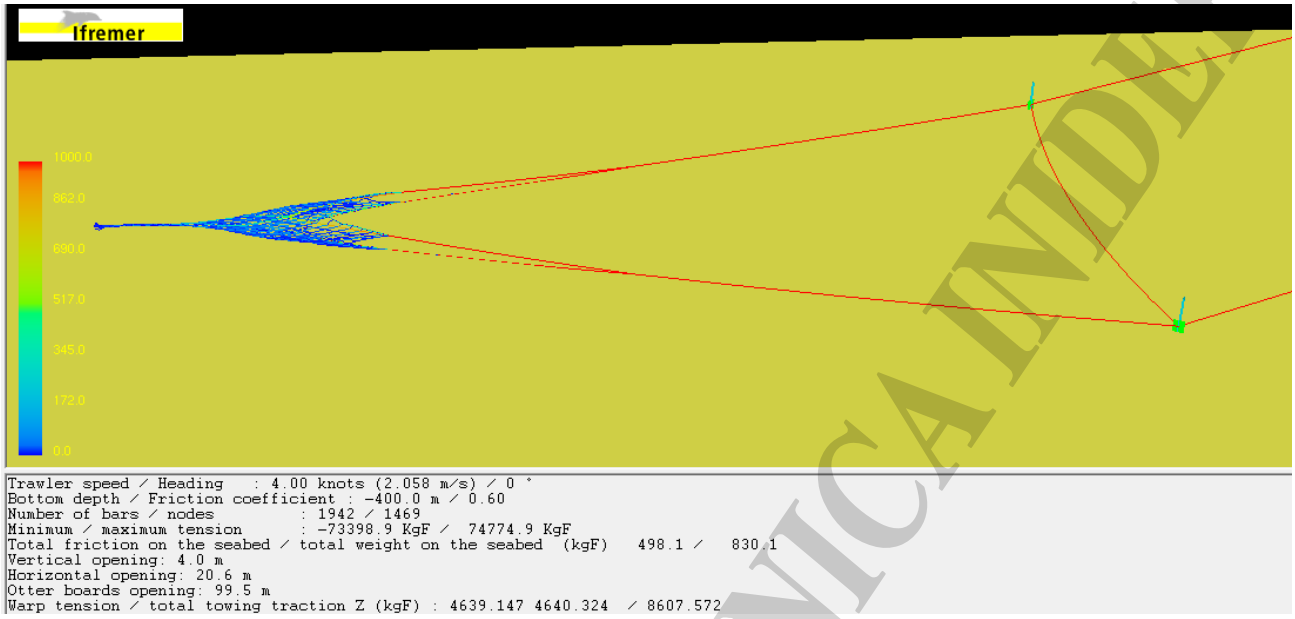


Figura 10. Imagen de la pantalla de simulación entregada por el programa de la red operando con el cable limitador de 100 m de longitud.

Conclusiones

Las características técnicas de los portones Morgère SPF hacen que, con el aparejamiento utilizado en las redes de arrastre empleadas en el INIDEP para la evaluación de distintos recursos pesqueros, no se puedan utilizar, sin los inconvenientes manifestados en diversas campañas, a grandes profundidades.

El incremento del peso de los portones, como puede verse en la Tabla 1, no trae ningún beneficio a la limitación de la abertura horizontal de la red.

Como resultado de las simulaciones se observó que extender las patentes o malletas, además de que esto haría que se vea afectada la evaluación de recursos pesqueros por la modificación del área barrida, no soluciona el problema de la separación entre portones y, por lo tanto, de la excesiva abertura horizontal de la red.

La posibilidad de utilizar un cable limitador entre portones con el fin de establecer una separación máxima entre ellos sin importar la profundidad de trabajo sería una solución aplicable. Hay algunos trabajos que hacen referencia a este método de limitar, o regular, la separación entre portones (Engas and Ona 1991 y 1993; Weinberg and Kotwicki 2015). Se debería analizar la posibilidad de su implementación práctica a bordo.

Las tensiones generadas, por simulación, permitirían emplear un cable separador de menor diámetro; por ejemplo, de 12 mm. Se debería tener en cuenta un factor de seguridad alto para evitar posibles roturas del mismo al momento de inicio y fin de las maniobras de pesca.

Se debería analizar la posibilidad de modificar las toberas que poseen los portones con el fin de reducir su eficiencia hidrodinámica.

COPIA ELECTRONICA INIDEP

Las características técnicas de los portones polivalentes hacen que se puedan utilizar sin inconvenientes a diferentes profundidades ya que los coeficientes de expansión son bajos y prácticamente estables con diferentes ángulos de ataque.

Bibliografía

Engas A and Ona E. 1991. A method to reduce survey bottom trawl variability. Fish Capture Committee ICES.CM.1991/B:19 Ref. Sess. U.

Engas A and Ona E. 1993. Experiences using the constraint technique on bottom trawl doors. Fish Capture Committee ICES.CM.1993/B:18

García JC, Roth RR, Rubio F, Cabreira A, Menna B, Bertelo M, Pisano S, Di Leva AS y Flores CA. 2024. Reunión técnica sobre el comportamiento de los portones Morgere SPF 08,5. Inf Activ INIDEP Nº XXX/24. 3 pp.

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

Morgère. 2017. Osprey trawl doors performance. [actualizado el 3 de mayo de 2017; accedido el 10 de junio de 2019]. https://www.morgere.com/en/products/trawl-doors/semi-pelagic/item/osprey.

Rubio F, Roth RR, Pisano S, Di Leva AS, Cabreira A, Menna B, Buratti C, Ruocco N, Pedernera M, Pappi A, Remaggi AC, Acevedo D, García S, Sonvico P y Monge J. 2024. Prueba y calibración de redes de pesca del INIDEP. Inf Campaña INIDEP Nº 016/24, 41 pp.

Sea Fish Industry Authority, IFREMER and DIFTA. 1993. Otterboard Performance and Behaviour. The Commision of the European Communities. 159 pp.

Weinberg KL and Kotwicki S. 2015. Reducing variability in bottom contact and net width of a survey trawl by restraining door movement and applying a constant ratio of warp length to depth. Fish. Bull.: 113:180–190 (2015). doi: 10.7755/FB.113.2.6

COPIA ELECTRÓNICA INIDEP