

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE VALPARAÍSO  
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES  
ESCUELA DE CIENCIAS DEL MAR



Aplicación de modelos resistivos en diseños de redes de arrastre semipelágicas “Swan net”, utilizadas en la pesquería de merluza de cola (*Macruronus magellanicus*) en la zona Centro-Sur de Chile  
- Estudio exploratorio -

Proyecto para optar al título de Ingeniero Pesquero

Por

Rodrigo Andrés Zamora Gómez

Valparaíso

2008

**Comisión del Proyecto de Título:**

Profesor Guía : Sr. Teófilo Melo Fuentes  
Profesor : Sr. Guillermo Martínez González  
Investigador : Sr. Roberto Bahamonde Forde

## **AUTORIZACIÓN DE USO**

Al presentar este Proyecto cómo último requisito para la obtención del título de Ingeniero Pesquero, autorizo a la biblioteca de la Escuela de Ciencias del Mar de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, para que disponga libremente de ella. Autorizo además reproducciones parciales o totales de este Proyecto sólo con fines académicos.

---

Rodrigo Andrés Zamora Gómez

## **DEDICATORIA**

Gracias Padre celestial por tu amor, por darme la bendición de poder ser un profesional. Gracias Dios por mis padres, por el sacrificio que ellos han realizado y sobre todo por su amor, reflejado en un apoyo incondicional durante cada una de las etapas de mi vida. Gracias Dios por mi hermano, que siempre tiene un consejo sabio y me apoya en todo sentido de la palabra. Gracias Dios por esa compañera maravillosa que tú has destinado sea mi mujer.

A ellos dedico este trabajo

“Ingrid te amaré por siempre”

## AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mis agradecimientos a los señores Teófilo Melo, Guillermo Martínez y al investigador de IFOP señor Roberto Bahamonde, por el apoyo y oportuno consejo entregado, con el fin de llevar a cabo este proyecto de la mejor manera.

Gracias de todo corazón, a Dante, Roberto, Eric, Ivonne, Víctor y Felipe investigadores del Laboratorio de tecnología pesquera de la PUCV, donde siempre encontré apoyo y orientación para el desarrollo de esta tesis.

Gracias a mis queridos compañeros y grandes amigos que conocí en la escuela: Ricardo Chamelo Guzmán, Carlos Hugo Varela Aravena, gordo Matías Márquez, negro Pablo Solís, cabezón J.P. Olmos, J.C. Orellana, Michelle Redford Dapremontt, el chico Felipe Cerda, bam bam Gacitúa, Lord Simón Moraga y a mis compañeras de generación Lizbeth, María Elena, Pancha, Carola, Jenny, Cecilia, Sole, a todos nuevamente les doy las gracias por los hermosos momentos vividos y les deseo el mejor de los éxitos.

## CONTENIDO

Portilla	
Comisión del Proyecto de Título	i
Informe sobre el Proyecto de Título	ii
Autorización de uso	iii
Dedicatoria	iv
Agradecimientos	v
Contenido	vi
Resumen	vii
Abstract	viii
INTRODUCCIÓN	1
ANTECEDENTES	4
Características del sistema de arrastre de media agua	4
Antecedentes de la especie objetivo	7
Merluza de cola ( <i>Macruronus magellanicus</i> )	7
Antecedentes legales	9
Flota de arrastre destinada a la captura de merluza de cola en la zona Centro-sur de Chile	15
Proceso de captura de pesqueros arrastreros	17
Proceso de captura de embarcaciones multipropósito	18
Redes de arrastre pelágicas utilizadas en la actualidad	20
Diseños de portalones de arrastre semipelágicos utilizados en la actualidad	23
Antecedentes experimentales relacionados con el estudio	25
Análisis de la construcción y resistencia de redes de arrastre pelágicas utilizadas en la pesquería de sardina en el mar Adriático	26

Análisis de la construcción, geometría y resistencia de redes de arrastre pelágicas	27
Análisis de la resistencia hidrodinámica y geometría de una red de arrastre pelágica con perímetro de boca igual a 420 m	29
Análisis de redes semipelágicas con perímetro de boca entre 576-1400 metros. Aplicación en portalones diferentes con variaciones en longitud del cable de cala	31
Relación entre longitud del cable de cala con parámetros de abertura y resistencia de un sistema de arrastre de media agua	33
Influencia de la inclinación de portalones pelágicos sobre la profundidad de remolque de una red de arrastre de media agua	35
Ecuaciones de resistencia (Teoría referente al arrastre de media agua)	37
Fridman (1973)	38
Dra. A. Reid (1977)	39
Dr. J. Swiniarski (1994)	41
Características hidrodinámicas de cables utilizados en artes de pesca de arrastre	44
<b>MATERIALES Y MÉTODOS</b>	45
Caracterización del arte de pesca	45
Métodos para estimar la resistencia que ejercen los componentes intermedios	47
Resistencia de los cables de cala	48
Resistencia de los portalones	50
Resistencia de las malletas	52
Resistencia del Borlón	55
Resistencia de los pesos	60
Métodos utilizados para determinar la resistencia de redes de arrastre de media agua	62
Modelo resistivo para redes de arrastre de media agua según Aenea Reid (1977)	64
Modelo resistivo para redes de arrastre de media agua según Jozef Swiniarski (1994)	67

Métodos utilizados en la determinación de modelos resistivos para redes de arrastre de media agua	69
<b>RESULTADOS</b>	
Caracterización de artes de pesca de arrastre de media agua utilizados en pesca orientada a la captura de merluza de cola ( <i>M. magellanicus</i> )	72
Arte de pesca con red de arrastre semipelágica Swan-Net de 616 m de perímetro	72
Arte de pesca con red de arrastre semipelágica Swan-Net de 876 m de perímetro	77
Estimación de la resistencia que ejercen los componentes intermedios, dentro del sistema de arrastre semipelágico	80
Arte de pesca con red de arrastre semipelágica Swan-Net de 616 m de perímetro	80
Arte de pesca con red de arrastre semipelágica Swan-Net de 876 m de perímetro	82
Determinación de la resistencia de las redes de arrastre semipelágicas	84
Red semipelágica Swan-Net de 616 m de perímetro	84
Red semipelágica Swan-Net de 876 m de perímetro	86
Modelos resistivos para las redes de arrastre semipelágicas, obtenidos mediante el software de análisis estadístico SPSS	88
Red semipelágica Swan-Net de 616 m de perímetro	88
Red semipelágica Swan-Net de 876 m de perímetro	89
Modelos resistivos para las redes de arrastre semipelágicas, obtenidos mediante el software de ajuste de curvas LabFIT	91
Red semipelágica Swan-Net de 616 m de perímetro.	91
Red semipelágica Swan-Net de 876 m de perímetro.	92
<b>DISCUSION</b>	93
<b>CONCLUSIONES</b>	96
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	
<b>ANEXOS</b>	

## INDICE DE TABLAS Y FIGURAS

<b><u>INDICE DE TABLAS:</u></b>	pág.
<b>Tabla 1.</b> Límites máximos de captura por armador (Kg), en la unidad de pesquería de merluza de cola entre la V y X regiones, durante el año 2007 (D.EX N° 1514-06).	10
<b>Tabla 2.</b> Cuotas globales anuales de captura (Kg), para el recurso merluza de cola en las unidades de pesquería comprendidas entre la V-X y XI-XII Regiones.	13
<b>Tabla 3.</b> Áreas resistivas de los modelos de artes de arrastre de media agua y porcentaje de contribución respecto al área resistiva, de cada una de las estructuras componentes.	28
<b>Tabla 4.</b> Abertura y resistencia de los sistemas de arrastre pelágicos, con perímetro de boca de 420 m obtenidas de pruebas en el mar y del modelo examinado.	30
<b>Tabla 5.</b> Mediciones de parámetros de trabajo en las redes de arrastre pelágicas evaluadas.	31
<b>Tabla 6.</b> Comparación del área frontal del modelo, remolcado a diferentes longitudes de cable de cala.	34
<b>Tabla 7.</b> Comparación de la resistencia hidrodinámica del modelo arrastrado a diferentes longitudes de cable de cala.	34
<b>Tabla 8.</b> Relación entre N° de Reynolds y Coeficiente resistivo (MacLennan, 1979).	54
<b>Tabla 9.</b> Estimación del coeficiente resistivo en los eslabones, según similitud de formas.	56
<b>Tabla 10.</b> Dimensiones de las cadenas empleadas en el análisis del borlón.	59
<b>Tabla 11.</b> Observaciones utilizadas en el cálculo de resistencia de la red de arrastre.	62
<b>Tabla 12.</b> Identificación de las redes según el perímetro de la boca.	63
<b>Tabla 13.</b> Resistencia promedio de componentes intermedios y porcentaje de contribución a la resistencia total.	81

<b>Tabla 14.</b> Resistencia promedio de componentes intermedios y porcentaje de contribución a la resistencia total.	83
<b>Tabla 15.</b> Constantes de los modelos teóricos originales, y de los modelos ajustados (Red semipelágica Swan-net 616).	85
<b>Tabla 16.</b> Constantes de los modelos teóricos originales, y de los modelos ajustados (Red semipelágica Swan-net 876).	87

**INDICE DE FIGURAS:** pág.

<b>Figura 1.</b> Sistema de coordenadas de un arte de arrastre de media agua (Cha et al., 2001).	4
<b>Figura 2.</b> Esquema de un sistema de pesca de arrastre de media agua.	6
<b>Figura 3.</b> Merluza de cola ( <i>Macruronus magellanicus</i> ).	7
<b>Figura 4.</b> Barco congelador arrastrero con rampa en popa.	16
<b>Figura 5.</b> Esquema de un buque pesquero multipropósito.	16
<b>Figura 6.</b> Red Arrastrera radial (Net-System).	20
<b>Figura 7.</b> Red arrastrera pelágica de grandes mallas (Swan Net).	21
<b>Figura 8.</b> Red arrastrera pelágica modelo “Stealth” (Motueka Nets).	21
<b>Figura 9.</b> Red arrastrera de media agua “Gloria” (Hampidjan).	22
<b>Figura 10.</b> Portalones usados comúnmente en los artes de pesca de arrastre de media agua.	24
<b>Figura 11.</b> Comparación de los porcentajes de resistencia y área frontal del modelo remolcado a 55, 80 y 120 m de longitud de cable de cala.	34
<b>Figura 12.</b> Variantes de maniobra utilizadas en el análisis del ángulo de inclinación.	35
<b>Figura 13.</b> Inclinación resultante para los portalones evaluados (Nowakowski, 1997).	36
<b>Figura 14.</b> Resistencia hidrodinámica del sistema de arrastre (Nowakowski, 1997).	36

<b>Figura 15.</b> Tensiones en los cables de cala ( $R_1$ y $R_2$ ), y descripción de los ángulos que se obtienen con respecto al plano en el espacio ( $\alpha_1$ , $\alpha_2$ , $\beta_1$ , $\beta_2$ ).	42
<b>Figura 16.</b> Esquema de la configuración de la boca de la red de arrastre.	42
<b>Figura 17.</b> Ángulo de inclinación del cable de cala ( $\theta$ ).	49
<b>Figura 18.</b> Coeficientes resistivos para los portalones Thyboron Skibssmedie.	51
<b>Figura 19.</b> Esquema de los ángulos proyectados por las malletas en el plano horizontal y vertical, junto a los parámetros de abertura de la red de arrastre.	53
<b>Figura 20.</b> Disposición de las cadenas utilizadas en el arte de pesca de arrastre de media agua.	56
<b>Figura 21.</b> Dimensiones de las cadenas utilizadas en el sistema de arrastre de media agua.	57
<b>Figura 22.</b> Cilindro proyectado por los pesos de cadenas.	60
<b>Figura 23.</b> Elipse con diámetro mayor ( $D$ ) y diámetro menor ( $d$ ).	68
<b>Figura 24.</b> Red de arrastre de media agua de 4 paneles.	72
<b>Figura 25.</b> Portalones Skibssmedie tipo 8 (Thyboron).	73
<b>Figura 26.</b> Ángulo de ataque y coeficiente resistivo del portalón de arrastre.	73
<b>Figura 27.</b> Esquema de la maniobra empleada por la embarcación (Amarinamiento).	74
<b>Figura 28.</b> Frecuencia de velocidad de arrastre (Swan-Net 616).	75
<b>Figura 29.</b> Relación entre la profundidad de la red y el fondo, por lance de pesca (Swan-Net 616).	76
<b>Figura 30.</b> Relación entre la longitud del cable de cala y la profundidad de la red (Swan-Net 616).	76
<b>Figura 31.</b> Frecuencia de velocidad de arrastre (Swan-Net 876).	78
<b>Figura 32.</b> Relación entre la profundidad de la red y el fondo, por lance de pesca (Swan-Net 876).	79

<b>Figura 33.</b> Relación entre la longitud del cable de cala y la profundidad de la red (Swan-Net 876).	79
<b>Figura 34.</b> Resistencia de los componentes intermedios en función de la velocidad de arrastre (Swan-Net 616).	81
<b>Figura 35.</b> Resistencia de los componentes intermedios en función de la velocidad de arrastre (Swan-Net 876).	83
<b>Figura 36.</b> Resistencia de la red de arrastre semipelágica Swan-Net 616 según datos observados v/s modelos evaluados.	84
<b>Figura 37.</b> Ajuste de los modelos teóricos con respecto a los registros observados (Swan-Net 616).	85
<b>Figura 38.</b> Resistencia de la red de arrastre semipelágica Swan-Net 876 según datos observados v/s modelos evaluados.	86
<b>Figura 39.</b> Ajuste de los modelos teóricos con respecto a los registros observados (Swan-Net 876).	87
<b>Figura 40.</b> Ajuste de la curva de resistencia de la red de arrastre Swan-Net 616.	89
<b>Figura 41.</b> Ajuste de la curva de resistencia de la red de arrastre Swan-Net 876.	90

## RESUMEN

El presente proyecto, tiene como objetivo principal evaluar y validar la aplicación de modelos teóricos en diseños de redes de arrastre de media agua modelo Swan-net utilizados en la pesquería de merluza de cola (*Macruronus magellanicus*) en la zona centro-sur de Chile.

A través de mediciones in situ asociadas a la operación de los artes de pesca analizados y en conjunto con información obtenida de los planos de red, se genera una amplia base de datos utilizada en la caracterización y análisis de resistencia de cada uno de los componentes que conforman este sistema de pesca.

La resistencia total registrada para los artes evaluados, de acuerdo a la información obtenida de los lances de pesca fue sometida a una fragmentación con propósito de estimar la resistencia de mallas, portalones, cables de remolque y pesos verticales, todos elementos constituyentes del sistema junto a la red de arrastre. El procedimiento utilizado en dicha estimación, asume que la suma de resistencias individuales comprende a la resistencia total del arte rechazando así los efectos de interferencia e interacción entre los componentes.

Los modelos formulados por los investigadores A. Reid (1977) y J. Swiniarski (1994), fueron los elegidos para realizar una comparación con el modelo ajustado obtenido mediante el software estadístico SPSS 11,5. Se demuestra que las metodologías establecidas por estos autores, en las que originalmente se emplearon modelos a escala para estimar una ecuación empírica de resistencia, son apropiadas para el cálculo de resistencia de una red a escala real, siempre y cuando no se altere la estructura de los modelos.

El error de la estimación fue minimizado y a través de regresión lineal múltiple se obtiene la función que permite estimar la resistencia de la red de arrastre de media agua. En dicho ajuste realizado, se arrojó como variables esenciales del modelo resistivo determinado, la velocidad de arrastre medida en nudos y el área frontal de la boca de la red ( $m^2$ ).

La resistencia del cuerpo de red para los modelos Swan-net 616 y 876 fue representada por un 66,1% y 57,5% dentro del porcentaje de contribución promedio a la resistencia total del arte de pesca, respectivamente.

El ajuste estadístico mejora en un 5,4% y 10,5% la variabilidad explicada por los modelos de Reid y Swiniarski respectivamente, cuando la red evaluada corresponde al modelo 616. De igual manera, para el modelo de red Swan-net 876, el ajuste mejora en un 6,1% y 4,7% la variabilidad explicada por los modelos de Reid y Swiniarski respectivamente.

## ABSTRACT

This Project has, as a main goal to evaluate and validate the application of teoric models in midwater trawl nets designs used in the longtail hake fisheries (*Macruronus magellanicus*) in the South-center zone in Chile.

Through in situ meditions associated to the operation fishing gears analyzed and with net plans information, a large data base is produced and it's used in the characterization and analysis of resistance of each one of the components which are part of this fishing system.

The total resistance registered for the evaluated gears, according to the information gotten from the haul fishing was fragmented with the purpose of checking the resistance of bridles, trawl door, trawl warp and vertical weights, constituent elements of the system with the trawl net. The procedure used in the estimation of resistance give us the knowledge that the sum of individual resistances gives the total resistance refusing the effects of interference and interaction of components.

The models formulated by the investigators A. Reid (1977) and J. Swiniarski (1994), were selected to make a comparison with the adjusted model obtained through the statistic software SPSS 11,5. It's proved that the methodologies of these authors (they originally used scale models to estimate an empiric equation of resistance) are appropriated to the calculation of resistance of a real scale, only if the structure of models is not changed.

The error of the estimation was minimized and through the lineal multiple regression the function is obtained and permits to evaluate the resistance of the midwater trawl net. As the adjustment was done, the essential variables from the resistance model, were the velocity of trawl measured in knots and the frontal area of the net's mouth ( $m^2$ ).

The resistance of the net's body for the swan-net 616 and 876 models was represented by a 66,1% and 57,5% inside the percentage of average contribution to the total resistance of the fishing gear respectively.

The statistic adjustment improves in a 5,4% and 10,5% the variability explained by the Reid and Swiniarski models respectively when the evaluated net corresponds to swan-net 616 model. The same way, for the swan-net 876 net model the adjustment improves in a 6,1% and 4,7% the explained variation by the Reid and Swiniarski models respectively.

## INTRODUCCIÓN

El desarrollo de artes de arrastre pelágicos o de media agua ha sido un importante acontecimiento en la pesca industrial moderna. Este tipo de red ha permitido a los pescadores el acceso a vastas zonas de pesca que se extienden desde 100 metros por debajo de la superficie del mar hasta profundidades que hasta entonces sólo eran accesibles a algunos tipos de palangres (Núñez, 1987).

Estos sistemas se probaron por primera vez en Escandinavia, entre los años 1930 y 1940. El origen de los artes de arrastre de media agua a nivel industrial se remonta al año 1944, cuando el constructor de redes Robert Larsen, de Skagen (Dinamarca) diseñó la primera red pelágica de cuatro paneles para ser utilizada en la pesquería de arenque en el mar del norte y que posteriormente fue adoptada en muchas de las pesquerías que en todo el mundo se dedican a la captura de otras especies.

Posteriormente, la técnica de pesca de arrastre de media agua fue desarrollada en un alto nivel por los pescadores escandinavos entre los años 1960 y 1980. Así, durante el año 1990 en adelante el objetivo de la industria pesquera de arrastre se ha enfocado en perfeccionar los modelos de redes existentes al emplear materiales de última tecnología que permiten reducir el área sólida, lo que se traduce en redes más resistentes y eficientes, este desarrollo va de la mano con la incorporación de sensores y software's simuladores de la operación de estos artes de pesca.

En Chile, el arrastre de media agua se utiliza en la captura de merluza de cola y alfonsino. La pesca se desarrolla en mar abierto sobre la plataforma continental con fondo de hasta 600 m cuando la especie objetivo es la merluza de cola o en el área insular de la Zona Económica Exclusiva, sobre montes submarinos, cuando la especie a capturar es el Alfonsino (SUBPESCA).

La pesquería de merluza de cola en la zona centro-sur se realizaba únicamente con redes de cerco, solo si el recurso se presentaba a profundidades menores a 200 m, pero el año 2001 esta situación da un vuelco al incorporarse la red de arrastre de media agua en dicha pesquería que permite acceder a zonas de mayor profundidad donde se concentran juveniles y adultos de tallas mayores. Este mecanismo ha permitido mejorar la forma de extracción del recurso y a su vez ha logrado incrementar el valor agregado del mismo, obteniendo productos que generan mayores divisas con relación a la industria reductora. La red de arrastre de media agua, por sus características de diseño, es selectiva y extrae un volumen inferior a la red de cerco, por lo tanto, entrega un producto de mejor calidad, que puede procesarse para consumo humano.

La teoría de construcción y diseño de artes de arrastre se ha mantenido firme y perseverante en el desarrollo de nuevos sistemas de pesca, entregando soluciones disponibles para cada tipo de red de arrastre pelágica. Aún así, a nivel nacional existen factores importantes no desarrollados completamente que influyen en el desempeño de estos artes de pesca. Estos factores tienen directa relación con la resistencia hidrodinámica y la geometría de la red, de tal manera que se ve reflejado un desconocimiento generalizado en temas como características de diseño y comportamiento dinámico de las redes de arrastre de media agua, por tal motivo surgen complicaciones al momento de la reparación y/o empleo de estos artes.

De esta forma, el estimar correctamente la resistencia de la red de arrastre se considera un punto vital en la operación de pesca, puesto que si la red presenta una resistencia mayor a la capacidad potencial del buque, éste último no podría remolcarla a la velocidad esperada, por el contrario, si la red genera poca resistencia al flujo, esto implica un uso ineficiente del potencial de la embarcación, y por ende la nave debería trabajar con una red de mayor tamaño.

Existen tres formas diferentes para estimar la resistencia de un arte:

- Mediante mediciones realizadas a redes reales.
- Mediante pruebas efectuadas con modelos a escala.
- Mediante el establecimiento del comportamiento dinámico del arte en forma teórica.

Existen, en el ámbito mundial, diversas formulaciones aplicables en artes de arrastre de media agua basados en los principios de resistencia hidrodinámica. Autores como Fridman (1973), Reid (1977), Swiniarski *et al* (1994) y otros, sustentan sus teorías en base al análisis de registros obtenidos en pruebas realizadas a diferentes diseños de redes pelágicas, bajo diversas condiciones de rastreo. De los autores mencionados anteriormente, algunos consideran la existencia de una relación directa entre la resistencia de la red y los parámetros de comportamiento de ésta, tales como abertura, altura de la boca, profundidad de trabajo, etc., obtenidos a través de mediciones realizadas por instrumentos hidroacústicos, durante pruebas realizadas a redes pelágicas de tamaño real, como así también con modelos a escala reducida.

Por otra parte, el incremento de potencia en los buques pesqueros, el crecimiento de los mercados de exportación de las especies pelágicas y demersales, junto con la necesidad de pescar en todas las condiciones de tiempo y mar, han creado una demanda de mayores, más fuertes y sobre todo más eficientes redes de arrastre de media agua.

En este contexto, teniendo presente la importancia de los artes de pesca de arrastre de media agua en la pesquería de merluza de cola (*Macruronus magellanicus*), y la necesidad de contar con información relevante para lograr diseños de redes adecuados para esta pesquería, el presente estudio cumple con los siguientes objetivos:

■ Objetivo general

- Aplicación de modelos resistivos, en diseños de red de arrastre de media agua tipo Swan-net actualmente utilizados en la pesquería de merluza de cola (*Macruronus magellanicus*) en la zona centro-sur de Chile.

■ Objetivos específicos

- Caracterizar los artes de arrastre de mediagua.
- Estimar las fuerzas intermedias que interactúan en cada uno de los componentes de los sistemas de arrastre de media agua evaluados
- Analizar la resistencia de la redes de arrastre de media agua y evaluar dichos resultados con modelos experimentales realizados anteriormente.

## ANTECEDENTES

### Características del sistema de arrastre de media agua

#### Descripción general del sistema de pesca

Las primeras pruebas realizadas para modelos de redes de arrastre pelágicas, se llevaron a cabo durante la década de los treinta en el siglo pasado, por el investigador ruso Sorigin. Estas pruebas apuntaban a determinar la dinámica de la red y se realizaban en túneles de viento con modelos a escala, mediante esto se logro una gran concordancia entre los resultados obtenidos, lo que permitió unos años mas tarde, la construcción de un modelo de red a escala real (Fridman, 1973).

En 1944 el Danés Robert Larsen construyó la primera red de arrastre pelágica de 4 paneles, siendo ésta el prototipo en cuanto a la construcción de las redes que pescan hoy en día a través del mundo.

Un sistema de arrastre de media agua es una estructura en la cual un cuerpo rígido y estructuras flexibles están conectados unos a otros. Es un sistema no-lineal donde la forma cambia fácilmente debido a la acción de fuerzas externas. Una red de arrastre de media agua se mueve en un espacio tridimensional, donde el plano XY es paralelo a la superficie del mar y el eje Z corresponde a la profundidad del arte de pesca (Fig. 1) (Cha *et al.*, 2001).

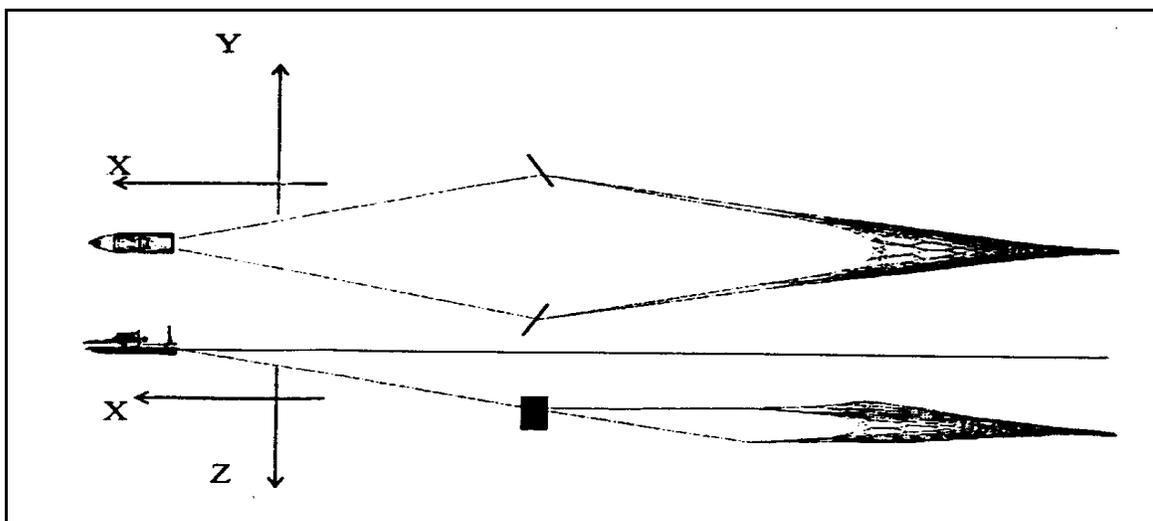


Figura 1. Sistema de coordenadas de un arte de arrastre de media agua (Cha *et al.*, 2001).

El sistema de arrastre de media de agua está compuesto por cinco componentes básicos, los cuales son: la embarcación, cables de cala, portalones, estructuras intermedias y la red. Basados en un análisis dinámico se puede definir que este sistema se mueve libremente en un espacio tridimensional, siendo este planteamiento la base para realizar apropiados métodos de control (Lee & Lee, 2000).

La representación de un sistema de arrastre de media agua depende cuantitativamente de la velocidad de arrastre, resistencia al remolque, la profundidad de arrastre del arte de pesca y de la longitud de los cables de cala. Entre estos factores, tiene mayor relación con la captura la profundidad de arrastre, que se determina sobre el punto de balance entre el peso y la resistencia del arte en el agua, por tal razón la resistencia de la red puede variar dependiendo de la velocidad de arrastre, construcción y modelo del arte de pesca además del tamaño de la captura (Lee & Lee, 2000).

Las redes de media agua son diseñadas siguiendo las últimas técnicas, con pruebas en túneles hidrodinámicos, y fabricadas para embarcaciones de todos los tamaños, pescando en diversas condiciones de tiempo, ya sea en la captura de especies demersales como pelágicas.

Las empresas que diseñan y construyen redes de arrastre de este tipo, juegan un rol muy importante al satisfacer la demanda de los consumidores, con el desarrollo de redes de arrastre de media agua cada vez más grandes, tanto para la pesca de arrastre de una embarcación como en la pesca con dos embarcaciones, para la captura de arenque, caballa, y otras especies importantes como la merluza de cola, en el Pacífico y Atlántico Sur.

Existen en la actualidad diversos software que son utilizados en la industria pesquera, principalmente en el diseño de redes de arrastre. En el caso de las redes de arrastre pelágicas se tienen los siguientes programas: SOKOLOV TRAWL DESIGN (cálculo de parámetros de trabajo de una red de arrastre, balance de portalones, geometría de redes, etc.), DYNAMIT (simulación de la operación de redes de arrastre), CADTRAWL (Programa para diseñar redes que entrega soluciones rápidas en la construcción de estos artes). Así también, la investigación realizada por universidades internacionales como Pukyong (Korea), Rostock (Alemania), Szczecin (Polonia) juega un rol importante en el desarrollo tecnológico relacionado con la pesca de arrastre.

El cuerpo de la red tiene forma de cono (Fig. 2) y está confeccionado normalmente de cuatro paneles, las mallas de la sección frontal de la red son bastante grandes (hasta 168 metros). Las redes de media agua modernas están diseñadas de tal forma que la boca se mantiene abierta por efecto de la resistencia de las mallas al flujo de agua, con apoyo de los portalones (abertura horizontal) y de pesos en la parte inferior de la boca (abertura vertical). En este tipo de redes de arrastre, generalmente no se utilizan flotadores en la sección frontal.

La señal acústica del sensor de red, instalado en la boca de la misma, permite regular la fuerza de empuje para maximizar la altura vertical de la red. Para reducir la resistencia de la red y con esto lograr una mayor amplitud (apertura y/o altura), la parte frontal esta construida con mallas romboidales o hexagonales muy grandes.

Referente al equipamiento específico de un sistema de arrastre de media agua, es necesario que los portalones tengan diseños hidrodinámicos con el objeto de lograr la menor resistencia al flujo. La profundidad de trabajo de la red es controlada mediante registradores de profundidad (ecosonda de red). Al igual que en otros tipos de arrastre, se utilizan sensores de captura en el copo que entregan información de la cantidad de pescado retenido. Otro dispositivo de control frecuentemente empleado, son los sensores de tensión en combinación con winches balanceados para garantizar la abertura óptima y estable de la red. Así también el sonar y ecosonda son prerequisites indispensables para lograr una captura exitosa.

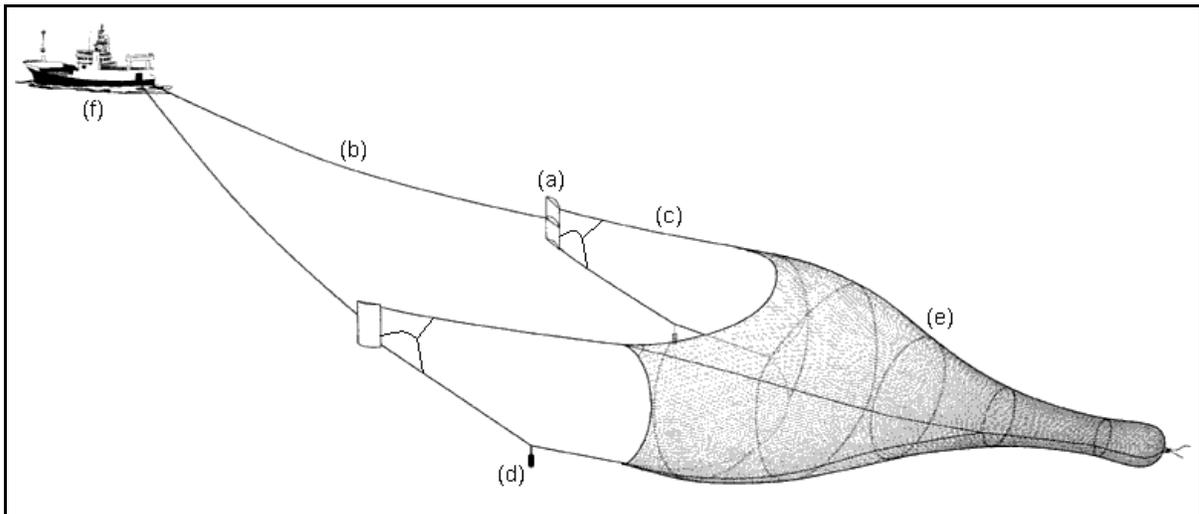


Figura 2. Esquema de un sistema de pesca de arrastre de media agua. (a) Portalones; (b) Cables de cala; (c) Malletas; (d) Pesos para mantener abertura vertical; (e) Red de arrastre semipelágica y (f) Embarcación.

Las redes de arrastre de media agua con portalón son utilizadas por naves pesqueras con rampa a popa, aunque existen naves de gran envergadura (doble propósito equipadas para la pesca de cerco y arrastre de media agua), con popa espejo que también las utilizan, efectuando parte del virado por la banda. Estas últimas utilizan bombas de succión para vaciar la captura del copo a la bodega, apoyándose en esta maniobra del jalador de red.

La mayoría de las naves que pescan con artes de arrastre de media agua están equipadas con tambores de red que cumplen la función de adujar la red, debido al gran tamaño de estas. Se requieren poderosos winches de arrastre para controlar los cables de cala y adujarlos cuando no están siendo utilizados (SUBPESCA).

## Antecedentes de la especie objetivo

### Merluza de cola (*Macruronus magellanicus*)

La merluza de cola (*Macruronus magellanicus*), se distribuye por el Océano Atlántico Sur desde el centro de Argentina hasta el extremo austral , desde los 37°S a los 54°S (Aguayo, 1974; Aguayo & Gili, 1984). Por el Océano Pacífico Sur, se distribuye desde Valparaíso (33°00'S) hasta el Cabo de Hornos, sin embargo, también se ha reportado su captura asociada al talud continental de la zona de Coquimbo (29°16'S) y en el Bajo O'Higgins (32°30'S – 73°30'W) (Lillo *et al.*, 1998). La pesquería industrial de cerco se desarrolla entre la VII y X Regiones principalmente sobre la fracción recluta del stock, mientras que con red de arrastre entre la XI y XII Regiones en aguas exteriores, sobre la fracción adulta del stock.

La merluza de cola (Fig. 3) se distribuye en la plataforma y talud continental en profundidades comprendidas entre 20 y 700 m. En las áreas de mayor abundancia (40° a 44° LS) esta especie se distribuye entre 50 y 400 m. Entre los 44° y los 47°30' LS este recurso se encuentra entre los 150 y 400 m, al sur del paralelo 47°30'S la merluza de cola se encuentra entre los 100 y 600 m.

*M. magellanicus* aparece como fauna acompañante en la pesquería austral de merluza del sur (*Merluccius australis*) entre la X y XII Regiones. En la zona centro-sur de Chile, es un recurso alternativo al jurel (*Trachurus symmetricus murphyi*) en la pesquería de cerco, en el período estival, cuando los desembarques de este último disminuyen significativamente debido a fuertes cambios en su disponibilidad por sus procesos reproductivos, lo que hace que *M. magellanicus* sea considerado como un recurso pesquero de oportunidad (Arancibia y Cubillos, 1993).

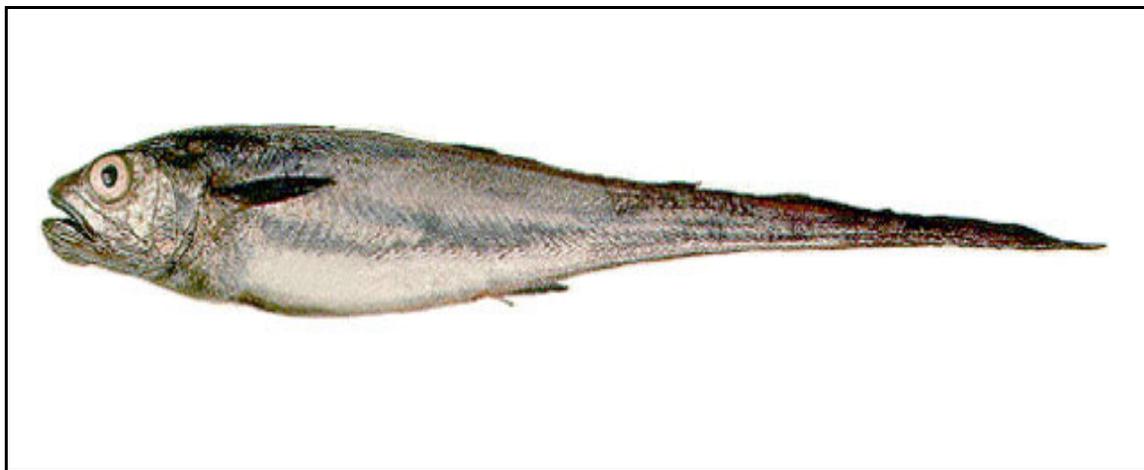


Figura 3. Merluza de cola (*Macruronus magellanicus*).

Lillo *et al.* (2000) indican que la merluza de cola presenta una estructura de tallas asociada a la batimetría, presentándose individuos juveniles en el sector costero con moda entre 24-30 cm y 30-34 cm para la zona oceánica. En condiciones costeras la merluza de cola juvenil se localiza cercana a la superficie del mar. Otras modas de ejemplares juveniles de tallas mayores tienden a concentrarse más profundos en la columna de agua, en la condición costera más cercana al fondo, y en la condición oceánica más profunda.

La alta presencia de agregaciones en profundidad menores a 150 m, puede asociarse a la estructura del stock evaluado, compuesto mayoritariamente por ejemplares juveniles que presentan un comportamiento de características pelágicas, a diferencia de su fase adulta donde presenta hábitos más demersales (Lillo *et al.*, 2000).

De acuerdo a las masas de agua, se plantea que la merluza de cola se encuentra distribuida bajo la capa de mezcla, donde las aguas son menos turbulentas y los juveniles están preferentemente en aguas subantárticas, mientras que los ejemplares de mayor talla tendrían preferencia por las aguas ecuatorial subsuperficial (Barbieri *et al.*, 2003). Se podría decir que la disponibilidad de merluza de cola aumenta en primavera de cada año en la zona centro-sur de Chile en concomitancia con, la transición hacia el régimen subantártico y la mayor frecuencia de eventos de surgencia costera (Alarcón y Arancibia, 1993). Las temperaturas extremas entre las cuales se detecta la presencia de esta especie de acuerdo a diversos autores, es entre los 3,0 y 13,5°C (Bezzi, 1984; Cubillos, 1996).

El recurso se recluta a la pesquería a los 2 años de edad (33 cm LH), durante el período estival de cada año, en focos densos que se ubican a poca profundidad (primeros 100 m), principalmente entre 36°S y 38°S. A partir de los 4 años de edad (54 cm LH) los individuos adultos, con un comportamiento demersal, comienzan a hacer su aporte reproductivo al stock.

La estacionalidad de las capturas de merluza de cola en la zona centro-sur, podría verse explicado por aspectos de alimentación y en el caso de juveniles un patrón de distribución que disminuya el efecto de depredación por parte de otras especies de peces y ejemplares adultos de la misma especie. Lo anterior explicaría la estacionalidad de la captura de merluza de cola en la zona centro-sur de Chile que comprende octubre a enero; en cambio en la zona austral de Chile las mayores capturas de merluza de cola están asociadas a patrones pre y post-reproductivos (abril a agosto) (Young *et al.*, 1998).

Según Rojas y Menares (2002), la alimentación de merluza de cola es principalmente zooplantófaga, donde sobresalen los eufáusidos en su dieta (*Euphasia mucronata*), aunque en individuos mayores de 61 cm, comienzan a tener preponderancia mictófidos, sardinas, anchovetas, e incluso destaca la presencia de canibalismo. Observaciones realizadas en otros estudios (Melo *et al.*, 2004) indicarían que la merluza de cola tiene un comportamiento oportunista, ingiriendo aquellas presas que se encuentran en mayor abundancia en el medio.

## **Antecedentes legales**

### **➤ Aspectos legales y medidas de regulación vigentes**

- **Unidad de pesquería y régimen de acceso**

La unidad de pesquería para la merluza de cola se establece entre la V y X Región desde el límite Este fijado por el artículo 47 del DS N° 430 de 1991, hasta 200 millas náuticas al Oeste (DS N° 683/00) y en aguas jurisdiccionales entre la XI y XII Regiones excluidas las aguas interiores y las aguas comprendidas entre la Boca Occidental y Oriental del Estrecho de Magallanes (DS N° 686/00). Las unidades de pesquería de Merluza de cola se encuentran declaradas en estado y régimen de Plena Explotación. Fuera del área de la unidad de pesquería, el régimen de la pesquería de merluza de cola es el general de acceso.

### **➤ Medidas de administración vigentes**

- **Cuotas de captura y asignaciones**

La cuota global de captura de merluza de cola para el año 2007, al interior de su unidad de pesquería, es de 154.000 ton de las cuales 4.000 ton son para fines de investigación, 105.000 ton para la unidad de pesquería V-X regiones (410 ton para fauna acompañante y 104.590 ton objetivo) y 45.000 ton para la unidad de pesquería XI-XII regiones (290 ton para fauna acompañante y 44.710 ton objetivo). (D. Ex. N° 1.528 del 21 de diciembre de 2006).

En la pesquería de merluza de cola no existe una asignación expresa a la flota artesanal y las asignaciones de la cuota objetivo se realiza a través del sistema de límites máximos de captura (LMC) por armador. Los LMC por armador para esta pesquería fueron establecidos por el decreto exento N° 1514, el 21 de diciembre de 2006, para las unidades de pesquería V-X y XI-XII regiones respectivamente. Los límites máximos de captura por armador en la unidad de pesquería de merluza de cola correspondiente a la zona de estudio (V-X regiones), para el año 2007 se indican en la Tabla 1.

- **Vedas**

Actualmente no existe veda para el recurso en toda área de sus unidades de pesquería.

Tabla 1. Límites máximos de captura por armador (Kg), en la unidad de pesquería de merluza de cola entre la V y X regiones para el año 2007 (D. EX N° 1514-06).

<b>ARMADOR (V – X Regiones)</b>	<b>ENE-MAR</b>	<b>ABR-DIC</b>	<b>TOTAL</b>
ALIMENTOS MARINOS S.A.	5.479.533	8.219.299	13.698.832
BAHIA CORONEL S.A. PESQ.	934.114	1.401.171	2.335.285
BIO BIO S.A. PESQ.	4.003.701	6.005.552	10.009.253
CAMANCHACA S.A. CIA. PESQ.	3.545.944	5.318.916	8.864.860
CENTRO SUR S.A. PESQ.	359.505	539.258	898.763
EL GOLFO S.A. PESQ.	4.988.211	7.482.316	12.470.527
INOSTROZA CONCHA PELANTARO	13.070	19.604	32.674
INVERSIONES PESQUERAS S.A.	223.392	335.088	558.480
ITATA S.A. PESQ.	4.508.674	6.763.011	11.271.685
MAR PROFUNDO S.A. SOC. PESQ.	303.533	455.299	758.832
FOODCORP S.A.	4.215.885	6.323.827	10.539.712
PACIFICO SUR S.A. PESQ.	86.274	129.411	215.685
PEMESA S.A. PESQ.	421.853	632.780	1.054.633
SAN ANTONIO S.A. PESQ.	111.719	167.578	279.297
SAN JOSE S.A. PESQ.	4.289.211	6.433.816	10.723.027
SOUTHPACIFIC KORP S.A.	4.634.534	6.951.800	11.586.334
SALMOALIMENTOS S.A.	108.569	162.853	271.422
FRIOSUR IX S.A.	55.809	83.714	139.523
FRIOSUR VII S.A.	49.956	74.935	124.891
FRIOSUR VIII S.A.	77.844	116.766	194.610
FRIOSUR X S.A.	72.092	108.138	180.230
LANDES S.A. SOC. PESQ.	1.995.326	2.992.989	4.988.315
LOTA VEDDE LTDA. ARIES Y CIA.	515.650	773.474	1.289.124
LOTA PROTEIN S.A.	128.470	192.705	321.175
ISLA QUIHUA S.A. PESQ.	403.538	605.306	1.008.844
SALMOPROCESOS S.A.	114.564	171.846	286.410
PESCA CHILE S.A.	151.513	227.270	378.783
VIENTO SUR S.A. SOC. PESQ.	43.522	65.283	108.805

- **Operación y artes de pesca**

En la actividad extractiva con red de arrastre, entre el límite norte de la República y el paralelo 43°S (con exclusión de la ZEE de las Islas oceánicas), las redes de arrastre deben tener un tamaño mínimo de luz de malla romboidal de 120 mm en el copo, o un tamaño mínimo de luz de malla de 100 mm en el copo más paneles de malla cuadrada de 90 mm de luz de malla (Res. Ex. N° 2808 de 2005).

Con relación a las autorizaciones que la Subsecretaría de Pesca ha otorgado a la flota industrial pesquera de la zona centro-sur para utilizar redes de arrastre de media-agua, se tiene que las autorizaciones otorgadas sólo se conceden al oeste de las 60 millas náuticas, es decir, donde claramente no hay interferencia con otras pesquerías, particularmente con peces demersales, y por consiguiente con la pesca artesanal.

A partir del año 2000, surge por parte de los armadores industriales de la VIII región un creciente interés por dar un mejor destino a las capturas de merluza de cola, esta alternativa consiste en destinar la merluza de cola ya no a harina sino a productos congelados, es decir, a consumo humano directo. A partir de ese interés, y considerando los mayores beneficios para el país (mayor generación de divisas y empleos) asociados a dar mayor valor agregado a los productos derivados de esta especie, la Subsecretaría de Pesca autoriza una pesca de investigación con el fin de evaluar la factibilidad técnica de utilizar estas redes y entregar información sobre su interferencia con otras especies. Este estudio desarrollado en la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso concluyó que es factible técnicamente capturar merluza de cola con redes de arrastre de media agua al interior de las 60 millas, tanto en los estratos pelágicos como demersales. Sin embargo, al realizar capturas de merluza de cola en el ambiente demersal, se producen interacciones con merluza común en pescas dirigidas a la primera con un valor observado de aproximadamente 7,8% de la captura total. Por el contrario, en el estrato pelágico en fondos mayores a 800 metros no se produce interacción en las capturas dirigidas a merluza de cola con merluza común (Melo *et al.*, 2002).

Sin embargo, fue necesario continuar este estudio, para determinar el grado de incidencia con la merluza común y para conocer la distribución, abundancia relativa de la merluza de cola anualmente en la zona de estudio. Es así como en febrero de 2003 se decide autorizar una segunda pesca de investigación mediante la cual fue posible concluir que además de ser técnicamente factible la captura de merluza de cola con redes de arrastre de media agua, era posible evitar la interferencia con otras especies, particularmente con merluza común. Al mismo tiempo, se determinó que cuando esta interferencia se presenta, se registra en valores significativamente marginales (Melo *et al.*, 2004).

En consideración a estos resultados la Subsecretaría de Pesca emprendió las acciones necesarias para permitir la operación de naves (tradicionalmente multipropósito, en la captura de merluza de cola) con redes de arrastre de media agua, tomando las salvaguardas posibles para reducir al mínimo la posibilidad de interferencia o captura con merluza común y merluza del sur, especies de particular relevancia dado que están en plena explotación. Estas salvaguardas considerarían las siguientes restricciones a las naves y armadores industriales que optarían por operar con red de arrastre de media agua:

- No podrán operar en áreas de pesca cuya profundidad del fondo marino sea inferior a 300 m, ya que ahí se distribuye principalmente la merluza común. Se ha dispuesto que esta medida sea fiscalizada por la Dirección de Territorio Marítimo y Marina Mercante y por el Servicio Nacional de Pesca, a través del Sistema de Posicionamiento Satelital actualmente implementado en todas las naves industriales.
- No podrán operar entre el límite norte de la V Región y el paralelo 34°30' LS (VI Región), y entre el paralelo 41°28'6" LS y el límite sur de la X Región; de tal manera de no afectar a la merluza común en la primera área, y no afectar a la merluza del sur en la segunda área.
- Deberán mantener observadores a bordo, designados por la Subsecretaría de Pesca. Estos observadores informaran a la autoridad aspectos relevantes de la operación de pesca, que permitirán ir evaluando periódicamente las medidas implementadas.
- Deberán operar con redes de arrastre cuyo tamaño de malla sea al menos de 100 mm.
- Deberán acreditar ante Sernapesca que disponen de equipos de detección acústicos que permitan la identificación y discriminación de merluza de cola y merluza común, con objeto de diferenciar las agregaciones de cada recurso antes de efectuar lance de pesca.
- Deberán disponer de Límite Máximo de Captura (LMC) de merluza común, de tal forma que cualquier eventual captura de esta especie, sea descontada de su respectivo LMC. Al respecto, y para acotar una eventual interferencia con la merluza común se ha fijado como máximo un 1% de desembarque de esta especie del total desembarcado por viaje de pesca, el que en cualquier caso deberá ser imputado al LMC.

No obstante, a la fecha estas salvaguardas no se han aplicado, pues se mantiene latente la discusión referente a la interacción entre la merluza de cola y merluza común al emplear como método de pesca, la red de arrastre de media agua.

### ➤ Porcentaje de fauna acompañante

En la pesca dirigida a merluza de cola se puede extraer jurel entre III-X Regiones (5% por viaje y máximo 999 ton anual), merluza común entre IV Región y 41°28'60'' S (2% por viaje y máximo 50 ton anual), merluza del sur entre 41°28'60'' S y 47° S, (barcos hieleros con arrastre, 5% por viaje y máximo 10 ton anual) (barcos fabrica con arrastre, 5% por viaje y máx. 5 ton anual), congrio dorado entre 41°28'6'' S y 47° S (con arrastre, 1% por viaje y máx. 9 ton anual), entre 47°S y 57° S (con arrastre, 1% por viaje y máx. 5,2 ton anual), merluza de tres aletas desde 41°28'6'' S al sur (con arrastre 5% por viaje), raya desde VIII Región al 41°28'6'' S (con arrastre, 5% por viaje y máx. 15 ton anual) (D.Ex. N°257/05), alfonsino entre la I y XII Regiones (con arrastre, 2% por viaje), y besugo entre la III y X Región (con arrastre, 2% por viaje) (SUBPESCA).

### ➤ Cuotas de captura y desembarques

La pesquería de merluza de cola comenzó a ser regulada a través de cuotas globales de captura a partir de 30 de octubre de 1999, año en el cual se aplicó el artículo 20 de la Ley de Pesca, cerrando los registros por un año y aplicando una cuota, para el mismo período, ascendente a 198.000 ton entre la V y X Regiones y 14.500 ton entre la XI y XII Regiones. Posteriormente, entre noviembre y diciembre de 2000 se aplicó una veda biológica entre la V y X Regiones y se fijó una cuota de investigación ascendente a 80.651 ton para noviembre y diciembre del mismo año y zona. En noviembre de 2000 ambas zonas se declaran unidades de pesquería en estado de plena explotación y se fija una cuota global anual para el año 2001 de 146.000 ton (V-X Regiones) y 30.000 ton (XI-XII Regiones). Así con el tiempo, se fijan las cuotas globales de captura para 2002 en 145.000 ton; para 2003 en 164.000 ton; para 2004 en 180.000 ton; para 2005, 2006 y 2007 en 154.000 ton (Tabla 2).

Tabla 2. Cuotas globales anuales de captura (ton), para el recurso merluza de cola en las unidades de pesquería comprendidas entre la V-X y XI-XII Regiones.

<b>Año</b>	<b>Cuota V-X Regiones</b>	<b>Cuota XI-XII Regiones</b>	<b>Cuota Global</b>
<b>1999-2000</b>	198.000	14.500	212.500
<b>2001</b>	146.000	30.000	176.000
<b>2002</b>	109.000	28.800	145.000
<b>2003</b>	125.200	39.000	164.000
<b>2004</b>	122.220	52.380	180.000
<b>2005</b>	104.000	44.508	154.000
<b>2006</b>	102.410	43.890	154.000
<b>2007</b>	104.590	44.710	154.000

Tanto la captura de cerco como de arrastre se caracterizan por estar compuestas por distribuciones de frecuencias de tallas polimodales, siendo la longitud media de los ejemplares en la captura con arrastre en la zona centro sur 54 cm, y la de la captura con arrastre de la zona sur austral levemente inferior a 70 cm (Lillo *et al.*, 2003).

Los mayores desembarques en la zona centro sur (V-X Región) se efectúan entre octubre y enero, siendo éstos explicados principalmente por la flota arrastrera.

## **Flota de arrastre destinada a captura de merluza de cola en la zona Centro-sur de Chile**

Se entiende por embarcación arrastrera a todas aquellas que utilizan como arte de pesca una red de arrastre, estando equipadas con un motor de suficiente potencia para remolcar la red a una velocidad apropiada. Además del equipo necesario para recuperar la red abordo e izar la bolsa sobre cubierta (Winche de arrastre). Dentro de las embarcaciones que constituyen la flota arrastrera dedicada a la pesca de merluza de cola en la zona centro-sur, es posible establecer las siguientes clasificaciones.

### **▪ Clasificación respecto al diseño**

- Arrastrero por popa

En este tipo de embarcaciones, los cables de remolque pasan el winche, a través de varias pastecas hasta la cubierta de popa y sobre la popa. Las pastecas de arrastre en las embarcaciones más grandes se fijan a un pórtico o estructura fija análoga en la popa. Los arrastreros medianos y grandes disponen a menudo de una rampa en la popa, por donde la red es calada y virada a cubierta de trabajo, así también estas naves cuentan con dos winches remolcadores y un rolete o tambor de red para el calado y virado de la misma. Este rolete está ubicado normalmente detrás del puente.

- Arrastrero multipropósito o combinación.

Estas embarcaciones están equipadas para el uso de dos o más artes de pesca diferentes, sin que haya mayores modificaciones en la distribución de los equipos de cubierta. Generalmente estas naves cuentan con maniobras para el uso de redes de cerco y arrastre de media agua, ambas a nivel industrial.

### **▪ Clasificación respecto al tratamiento de la captura**

- Arrastreros congeladores

En estas naves la captura es preservada mediante proceso de congelación, estando dotado con equipos para congelación y con bodegas refrigeradas. La mayoría de estas embarcaciones pertenecen a la clase de arrastreros de altura (Fig. 4). También están los buques pesqueros multipropósito (Fig. 5) que cuentan con sistemas de refrigeración de alta capacidad en sus bodegas (RSW) que permiten manejar la pesca con especial cuidado.

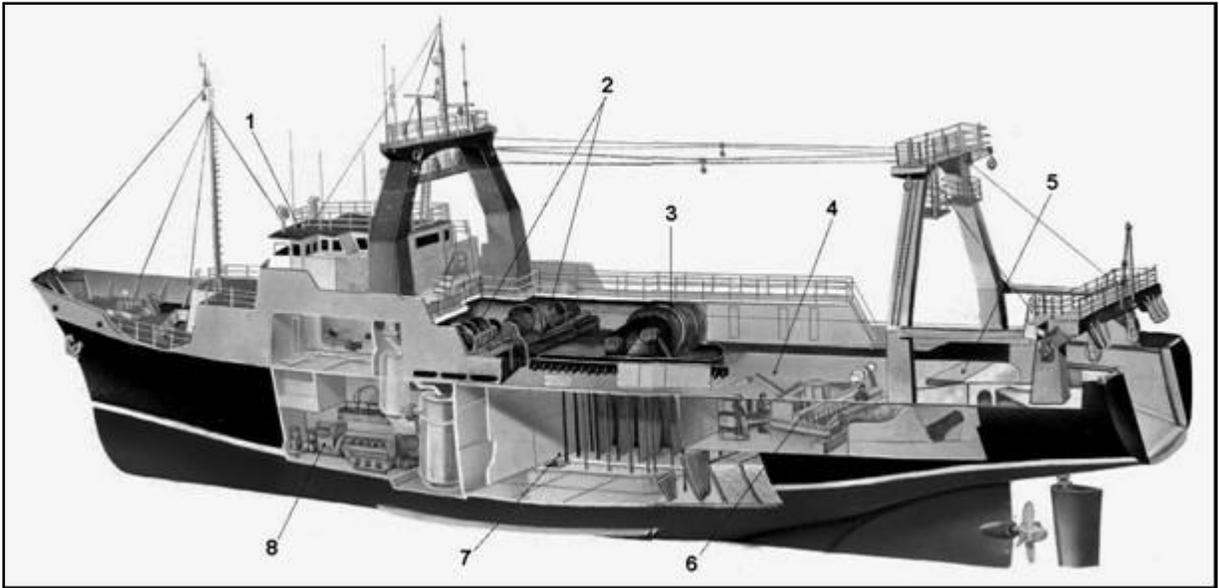


Figura 4. Barco congelador arrastrero con rampa en popa. (1) Puente de gobierno, (2) winches de arrastre, (3) Tambor de red, (4) cubierta de trabajo con red, (5) compuerta del pozo donde se vacía la captura, (6) área de selección con cintas transportadoras y maquinas procesadoras, (7) bodega refrigerada, (8) Sala de máquinas.



Figura 5. Cubierta de popa en Pesquero multipropósito (arriba a la izquierda), cubierta a proa del Pesquero multipropósito (arriba a la derecha), vista longitudinal del Pesquero multipropósito (abajo).

## **Proceso de captura de pesqueros arrastreros**

- **Detección**

El capitán se dirige a zonas que reúnen las características aptas para la captura de la especie objetivo, en cuanto al recurso y características de fondo marino. Las distintas zonas se encuentran previamente identificadas según la especie y época del año, por lo tanto la detección no se realiza, sólo se remite a la ubicación de la zona conocida (caladeros) con antelación por el capitán y registrada en el software de navegación. En rigor, se busca el lugar con características óptimas (en cuanto al recurso y al fondo marino), en donde aplicar esfuerzo de pesca (según requerimientos de administración de flota y de la planta de procesos).

- **Aproximación**

Ya en la zona de pesca, el capitán se dedica a sondear los fondos mediante el ecosonda que indica la profundidad de estos y las cualidades que el capitán desea conocer para calar, además de observar las características de las agregaciones de acuerdo a su concentración, distribución, etc., mediante las cuales pueden discriminar la especie y la posible presencia de fauna acompañante.

- **Retención**

Observando la profundidad del fondo y posibles agregaciones presentes en la zona, se inicia el calado de la red en los caladeros previamente establecidos. El capitán dirige el buque siguiendo las características de fondo, temperatura del agua a nivel de la red y ecogramas. Durante el proceso de rastreo se recurre al ecosonda y también al net-sonda este último posee sensores en la red los cuales indican la configuración de la boca de la red, profundidad de trabajo de la red, temperatura del agua en la profundidad donde se remolca la red, ingreso de agregaciones en la boca de la red. Se utiliza de igual manera el sonar que mediante su alcance permite observar a nivel de borlon la presencia de cardúmenes y la posición de estos con relación a la boca de la red.

Para facilitar la operación del arte gran parte de las embarcaciones han adoptado el sistema de control de winches RAPP-HYDEMA, que registra las tensiones para cada uno de los cables de cala, estas tensiones se originan por los constantes movimientos producto de la navegación, arrastre, cambios de rumbo, etc. Así mismo, debido a las irregularidades en la etapa de remolque, también estos sensores son de ayuda para detectar anomalías en el funcionamiento de la red tales como enredo de cables, exceso de cargas y otras más que exponen a fatigas y posibles rupturas los elementos constituyentes del sistema de arrastre.

La utilización de este equipo en conjunto con los video sondas, permiten al capitán tener un manejo eficiente del arte, en lo que respecta a la configuración de la boca de la red, como también conocer la profundidad en la que se encuentra el cardumen, logrando de esta manera mejores rendimientos de pesca.

Luego de realizar el rastreo por un tiempo determinado, generalmente no superior a 3 horas para resguardar la calidad de la pesca, se procede al virado del arte. Una vez virado por completo el cable de cala por los winches principales, y atrincados los portalones, se comienza a virar la red, haciéndola pasar por la rampa de popa hasta el tambor de red donde queda ordenada para un próximo lance. Ubicado el copo a nivel de popa, se sueltan las amarras de este y se une al winche auxiliar que iza el copo y hace ingresar la captura en los pozos de acopio. Posteriormente la captura se selecciona por especie y por calibre para ser encajonada con hielo, en disposición hielo-pesca-hielo para su almacenamiento en cámaras refrigeradas que mantienen la pesca en condiciones apropiadas para su posterior elaboración.

## **Proceso de captura de embarcaciones multipropósito**

- **Detección**

Una vez que se ha llegado a zona de pesca se inicia la búsqueda y detección del cardumen, para ello se utiliza principalmente el sonar omnidireccional que permite visualizar la distancia desde la embarcación al cardumen, así como la profundidad, altura, rumbo y velocidad de éste. Si el capitán considera pertinente puede navegar por sobre la agregación para registrarla en los video sondas.

- **Aproximación**

Una vez detectada la agregación, el capitán opta principalmente por dos formas para identificar las características principales del cardumen:

1. **Provocando un estímulo:** La nave pasa por encima de la agregación con objeto de conocer su estructuración y para determinar la dirección de escape, estimar velocidad del cardumen y los posibles cambios que se producen en el cardumen por el paso de la nave, tales como profundización y/o dispersación del cardumen.

2. Condición normal: Se hace un seguimiento con el sonar sin pasar por encima del cardumen, para así obtener las características principales de la agregación y definir rumbo y velocidad de escape de los peces con objeto de mejorar la intercepción de los mismos.

De acuerdo a lo visualizado en los sonares y ecosondas, el capitán discrimina y selecciona la agregación (mancha) sobre la cual operar. Localizado el cardumen seleccionado el capitán decide como operar en base a dos tipos de tácticas:

1. El capitán sigue el rumbo del cardumen, lo registra en el software de posicionamiento de la nave, para luego cambiar de rumbo en 180° y devolverse por el camino antes trazado. Mediante el sonar verifica la posición del cardumen y comienza el calado de la red interceptando las manchas.
2. El capitán verifica la posición del (los) cardumen (es) arreándolo con el barco de manera de agruparlo. Estimado el rumbo del cardumen la nave se dirige en dirección contraria a la trayectoria del recurso, comenzando el calado de la red.

- **Retención**

Una vez realizado el calado del arte, se procede a rastrear por las zonas demarcadas en el software de navegación. En la mayoría de los casos, las agregaciones presentan posiciones distintas a las registradas, ya sea en el plano horizontal o de profundidad. Debido a lo anterior es necesario cambiar de rumbo y perseguir o encontrar nuevamente las agregaciones de peces, y si éstas están a otra profundidad se cambia la longitud de los cables procurando mantener la configuración de la boca de la red. Esto se lleva a cabo mediante la acción del sistema de control automático de winches RAPP HYDEMA que regula la tensión de los cables de cala.

Una vez que el capitán decide terminar el arrastre guiándose por la información entregada por el NET SONDA, se procede a virar los cables de cala, posteriormente se atrincan los portalones y se hace subir la red a cubierta mediante el tambor de red, a la vez que mediante el “Top line”, cabo unido por un extremo a la “cuncuna” y por el otro al extremo del copo, se atrae la red hacia la embarcación.

Ubicada la red en la cubierta de la embarcación y el copo con la captura en el agua, se procede a separar este último para ser atrincado por la banda de estribor de la nave, momento en el que comienza la succión de la captura mediante la introducción de una bomba centrífuga (yoma) en la sección posterior del copo. Luego la captura pasa por el secador que la separa del agua de mar, para posteriormente ser ingresada en bodegas con sistema RSW.

## Redes de arrastre pelágicas utilizadas en la actualidad

- **Red Arrastrera radial (Net-System)**

Esta red (Fig. 6) posee tamaños de malla graduados en la sección frontal, asociados a una mejor área por potencia alcanzada, es extremadamente efectiva en ambiente superficial y en profundidades de media agua ([www.net-sys.com](http://www.net-sys.com)).

Estas redes son construidas con nylon y polietileno de alto grado, materiales que entregan gran durabilidad, flexibilidad y firmeza, así mismo, poseen mallas grandes y largas que permiten incrementar la velocidad de arrastre debido al gran volumen de agua filtrado.

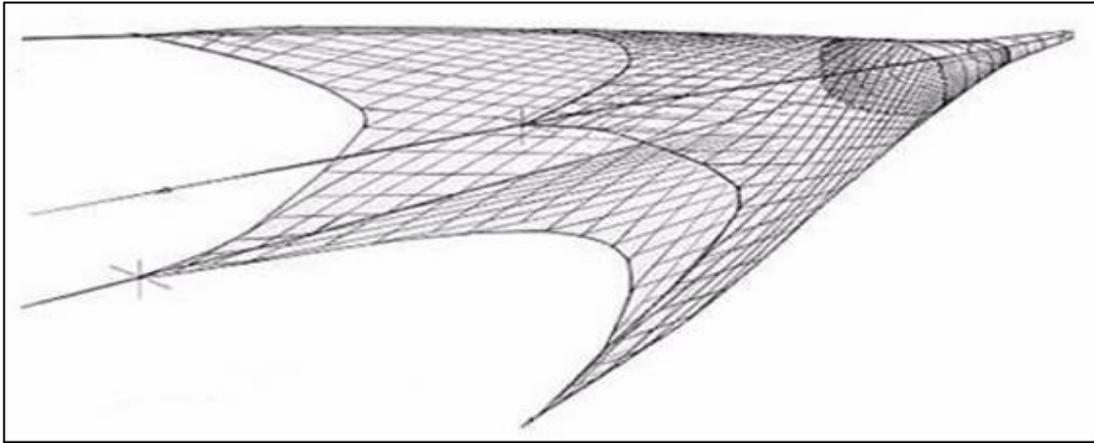


Figura 6. Red Arrastrera radial (Net-System).

- **Red arrastrera pelágica de grandes mallas (Swan Net)**

Swan Net cuenta con redes de arrastre de media agua para la pesca de caballa, arenque, sardina, merluza, calamar y otras especies. Además posee una gama de modelos conveniente para los buques combinación RSW y los arrastreros factoría. Diseñan y fabrican redes para satisfacer las necesidades de todo tipo de embarcación a partir de una potencia de 50 hasta 12.000 caballos de fuerza ([www.swannetgundry.com](http://www.swannetgundry.com)).

Estas redes (Fig. 7) cuentan con grandes mallas en la parte anterior lo que permite una gran abertura en aguas profundas, elemento esencial en la captura de merluza de cola. Estas mallas están construidas con cuerdas de Poliamida torcido (Nylon) y los cuerpos mas cercanos al túnel y copo de la red están contruidos de poliamida trenzado.

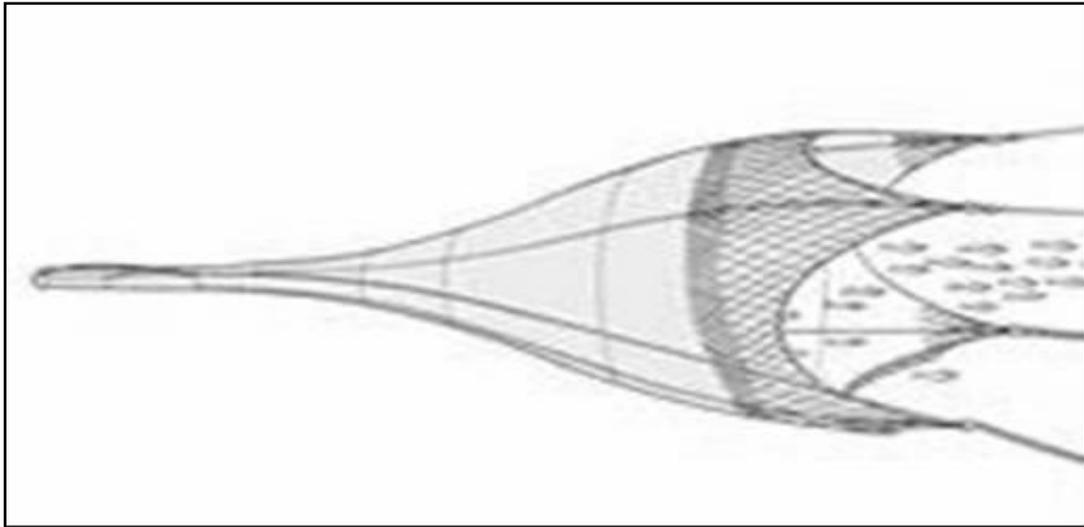


Figura 7. Red arrastrera pelágica de grandes mallas (Swan Net).

- **Red arrastrera pelágica modelo “Stealth” (Motueka Nets)**

La red de arrastre de media agua Stealth (Fig. 8) se caracteriza por una gran abertura, factor muy conveniente en la pesca de especies demersales tales como la merluza de cola. Es una red eficiente y versátil adaptable a embarcaciones con potencia entre 500 a 5000 HP. La gama de modelos Stealth proporciona, así también, como los otros modelos evaluados, velocidad adecuada de remolque, resistencia menor, resultados probados de capturabilidad, fácil manipulación y ahorro en combustible ([www.motnets.co.nz](http://www.motnets.co.nz))

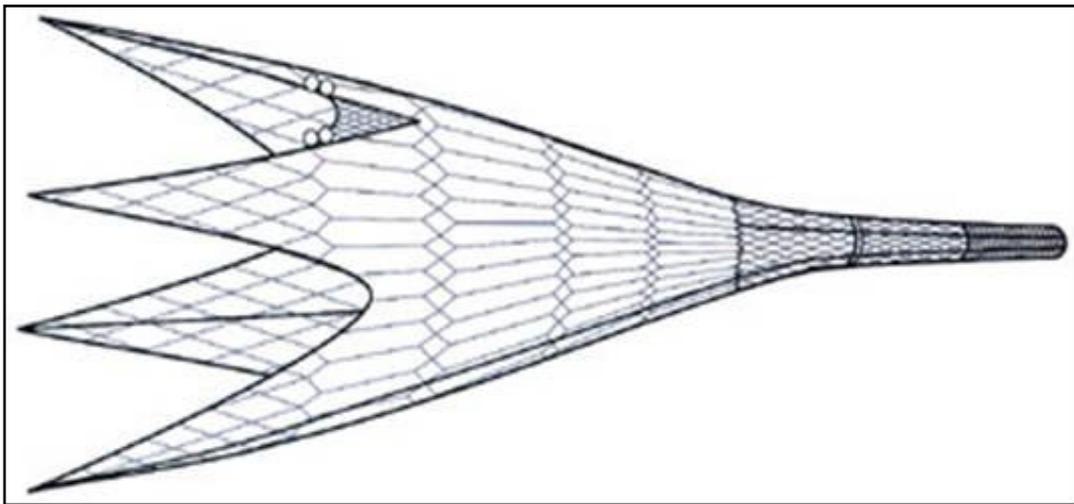


Figura 8. Red arrastrera pelágica modelo “Stealth” (Motueka Nets).

- **Red arrastrera pelágica modelo “Gloria” (Hampidjan)**

Hampidjan lanzo al mercado las redes de arrastre pelágicas GLORIA en 1989, estas han tenido un rápido desarrollo. La experiencia práctica en la pesca misma de arenque, caballa, sardina y merluzas, así como los resultados de pruebas en el tanque/túnel de experiencias en Hirtshals (Dinamarca), han conducido a una mayor comprensión de la dinámica de las redes de arrastre pelágica y así contribuido a un rápido desarrollo de su diseño.

Las primeras redes de arrastre gloria (Fig. 9) tenían una circunferencia de 544 m, posteriormente aumentada por etapas, y finalmente hasta los 2560 m. En los primeros diseños, las mallas en la parte delantera eran de 32 metros, aumentándose a 64 metros al incrementarse la circunferencia. En el modelo más grande la longitud de las mallas en la parte delantera de la red es de 128 metros. Esto ha permitido un incremento de la superficie de la boca de las redes de arrastre pelágicas GLORIA sin aumentar su resistencia al arrastre. La experiencia ha demostrado que cuanto más grande es la boca de la red, tanto mayores son los niveles de captura ([www.hampidjan.is](http://www.hampidjan.is)).

Existen varias modificaciones del diseño estándar de cada red de arrastre. Se puede elegir entre dos tipos de material básico para la sección frontal de la red: cuerdas de nylon torcido o cables especiales de polietileno trenzado. Para la red más grande se usa en parte el material DYNEEMA, tan fuerte como un cable de acero del mismo grosor. Estas redes poseen 3 variantes de uso en la relinga inferior: cadena, cable acero o cuerda Dyneema trenzada.

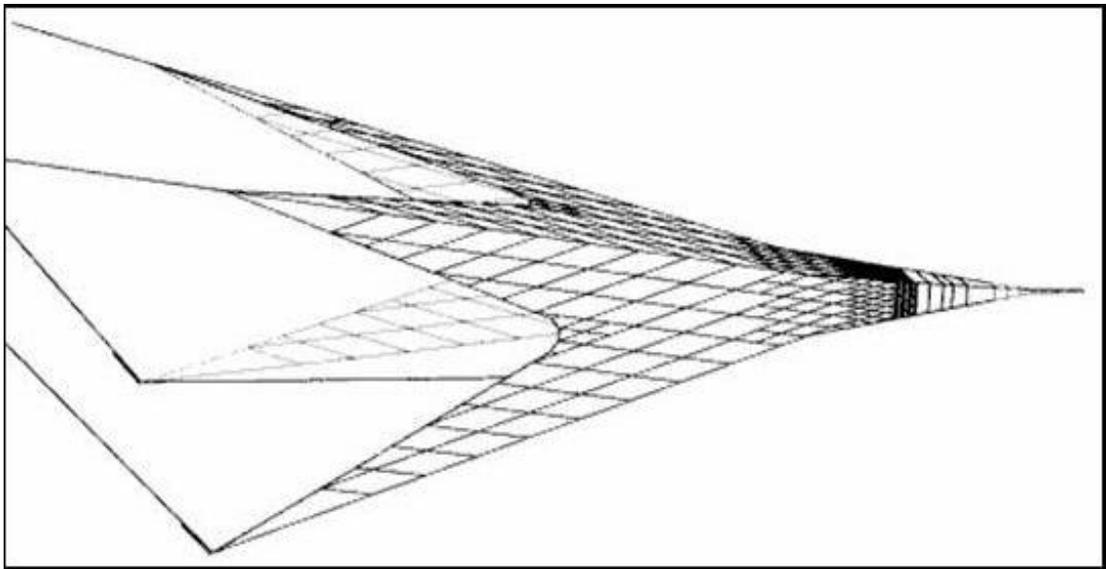


Figura 9. Red arrastrera de media agua “Gloria” (Hampidjan).

## **Diseños de portalones de arrastre semipelágicos utilizados en la actualidad**

- **Portalones semipelágicos (Net-System)**

Estos portalones están contruidos con acero aleado, este es un acero de gran resistencia trabajado mediante un tratamiento térmico normalizado, de esta forma se incrementa la resistencia a la abrasión, impacto y corrosión. En cuanto al diseño, posee puntos de conexión para el remolque que son ajustables y además permiten un excelente desempeño en el ambiente pelágico y en profundidades de media agua. Del mismo modo, cuenta con terminaciones de finos contornos para maximizar la abertura entre portalones y para minimizar la resistencia, tiene un centro de gravedad bajo para mantener la estabilidad, bordes equilibrados que añaden dinamismo y que además ofrecen rigidez al portalon (Fig. 10).

- **Portalones pelágicos y semipelágicos Skibssmedie (Thyboron)**

Estos portalones han sido desarrollados para optimizar la pesquería pelágica y semipelágica de la Industria pesquera Danesa. Además de su construcción de calidad superior, combinada con lo último en investigación hidrodinámica, estos portalones son simples en cuanto a su mantención y utilización. Cuentan con soportes ajustables que agregan estabilidad y simplicidad en el ajuste del ángulo de ataque (Fig. 10).

- **Portalones semipelágicos “El Cazador” (Poly-Ice, Hampidjan)**

Estos portalones están diseñados para la pesca de arrastre pelágica y en aguas profundas, poseen aberturas hidro-foil para minimizar la resistencia respecto al flujo (Fig. 10), así también el ángulo de ataque es variable, ya que se puede regular la inclinación del portalon para una mejor maniobra del arte en conjunto, esto mediante tacones que poseen agujeros en los que se conectan las maniobras del arte de pesca.

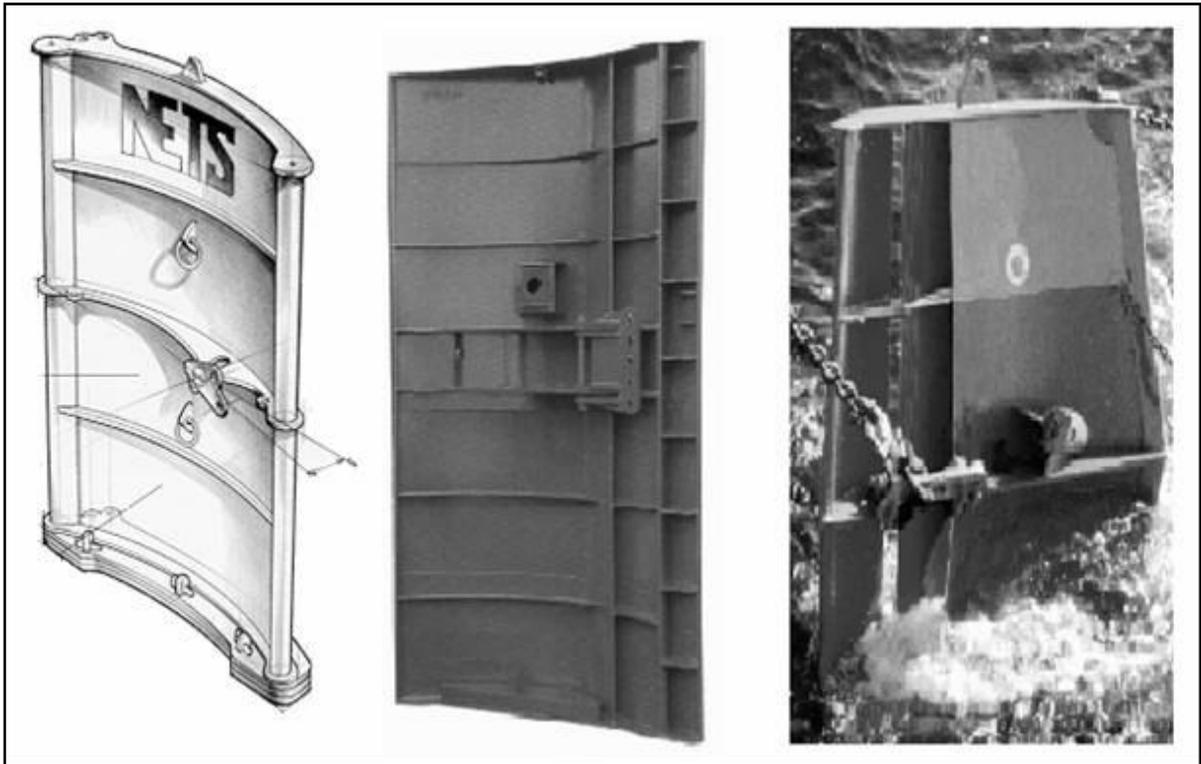


Figura 10. Portalones usados comúnmente en los artes de pesca de arrastre de media agua. Alloy “acero aleado” de Net System; Skibssmedie tipo 8 de Thyboron; El cazador de Poly-Ice (de izquierda a derecha).

## **Antecedentes experimentales relacionados con el estudio**

Los requisitos básicos para la obtención de resultados eficientes en cuanto a niveles de captura, son: disponer de un arte de pesca que se ajuste a los parámetros técnicos de la embarcación, zonas de pesca, y comportamiento específico de la especie a capturar. Estas características deben tomarse en cuenta para la construcción y diseño de redes de arrastre (Cetinic & Swiniarski, 1980).

Los parámetros básicos que caracterizan la construcción de redes de arrastre pelágicas son, primero que todo, los elementos constituyentes que afectan la apariencia y tamaño de la totalidad de los cuerpos de la red, con énfasis en la boca de red particularmente. La información de estos parámetros influencia enormemente la capturabilidad de los artes de pesca (Cetinic & Swiniarski, 1980).

Las pruebas realizadas por investigadores como Fridman, 1973 y Swiniarski *et al.*, 1994 muestran que la capturabilidad de las redes de arrastre depende de factores como la superficie de la boca de la red, la velocidad de arrastre, y la distancia correspondiente desde que el pez reacciona al arte de pesca. En la práctica, sin embargo, se aprecia que la capturabilidad del arte depende, sobre todo, en asegurar la penetración del recurso en la red.

Dickson (1959) realizó pruebas con el objetivo de encontrar la escala óptima para crear un modelo relativo a una red a escala real, y así evaluar los parámetros de construcción del arte probado.

H. Stengel y H. J. Fischer en 1964 probaron modelos a escala en túneles de viento con el propósito de encontrar el coeficiente de resistencia hidrodinámica, el cual es indispensable para el diseño teórico de la red (Cetinic & Swiniarski, 1980).

En el Instituto de Acuicultura y Técnicas Pesqueras de Szczecin (Polonia) durante 1975 y 1976 se probaron varios modelos de redes pelágicas utilizadas por buques pesqueros industriales. Estas pruebas condujeron a mediciones de resistencia y sirvieron para determinar parámetros de construcción básica del arte de pesca de arrastre de media agua. El propósito de las pruebas fue obtener la información necesaria para realizar un análisis cuantitativo de la construcción y resistencia de la red, estas pruebas involucran mediciones de abertura vertical y horizontal de la boca de la red pelágica, mediciones de la forma de las mallas, mediciones de resistencia de los modelos de redes pelágicas, determinación de la dependencia entre la velocidad de arrastre, forma de la boca de red, coeficiente de abertura de las mallas y resistencia al arrastre de media agua.

Swiniarski y Krepa indican en estudios realizados durante 1974 y 1975, que el principio de modelamiento de un arte de pesca, esta basado en la teoría de similitud mecánica. La red a escala real y el modelo están sujetos a los mismos efectos mecánicos y son físicamente similares si los valores obtenidos en la prueba del modelo se multiplican por coeficientes de similitud obteniendo así valores iguales a los obtenidos para las pruebas de la red a escala real (Cetinic & Swiniarski, 1980).

Un problema importante al momento de probar modelos es determinar la escala, según Swiniarski y Krepa, la escala reducida desde 1:2 hasta 1:25 es la más adecuada de aplicar en pruebas para redes de arrastre. De acuerdo a estos autores, los modelos podrían construirse del mismo material que la red a escala real, logrando así una similitud en la elasticidad y en la forma de los nudos, esto permitiría una mayor similitud hidrodinámica (Cetinic & Swiniarski, 1980).

### **Análisis de la construcción y resistencia de redes de arrastre pelágicas utilizadas en la pesquería de sardina en el mar Adriático.**

Las redes arrastreras debido a su eficiencia y universalidad, son utilizadas para la captura de la mayoría de las especies demersales y pelágicas, así como de otros organismos marinos. En las pesquerías del mar Adriático se requiere el uso de arrastreros de media agua para la pesca de sardina y otros pelágicos pequeños.

La explotación de peces pelágicos pequeños dispersos que ofrecen fuerte reacción a impulsos externos, requiere de grandes artes de pesca y también de mejoras en las características hidrodinámicas al momento de su construcción. Para ello se requiere primero que todo, una reducción en la resistencia característica del arte de acuerdo a la velocidad con que se remolca, esto se ha ido logrando por medio de uso de paños de red más resistentes (redes con grandes tamaños de malla), y por redes construidas con un menor ángulo de ataque en sus elementos constituyentes.

En el pasado las capturas de sardina y otras especies pelágicas realizadas con artes de pesca de cerco, no presentaron resultados satisfactorios por lo que fueron reemplazadas por las redes de arrastre pelágicas debido a que estas últimas presentan mejor desempeño bajo condiciones climáticas desfavorables, aseguran un mayor número de días de pesca, así como también una mayor productividad.

## **Análisis de la construcción, geometría y resistencia de redes de arrastre pelágicas**

En esta experimentación se presta gran atención a la resistencia del sistema de arrastre de media agua y en particular a la superficie de la boca de la red, experimentando en diferentes redes de diversa construcción en su parte frontal. En su estudio se evaluaron tres tipos de redes (Swiniarski *et al.*, 1994).

- Red de arrastre con seis paneles
- Red de arrastre con cuatro paneles
- Red de arrastre con grandes mallas hexagonales

Las redes fueron evaluadas junto con diferentes tipos de amarinamiento:

- Estándar (portalones, flotadores, relinga de pesos o cadenas)
- Estándar con mallas de material flotante en un sector superior de la boca de red
- Hidrodinámico con cuatro portalones

Los modelos de redes utilizados fueron remolcados por un catamarán (plataforma flotante con propulsión). En dicho catamarán se realizaron las mediciones de velocidad de remolque, tensión de los cables, ángulo de extensión de los cables respecto al plano simétrico del catamarán, ángulo de caída del cable respecto al plano horizontal, abertura horizontal y vertical de la boca de red, etc. La construcción básica de este modelo se fundamenta en los artes de pesca utilizados por la pesquería Polaca del mar Báltico para la pesca de arenque, sardina y bacalao.

Los modelos examinados se construyeron del mismo material que ocupan las redes utilizadas en la pesca comercial y se trabajaron con una escala de razón 1:4, sin embargo, fue necesario realizar una reducción en el área del modelo con el objeto de equilibrar los coeficientes de fuerzas a escala. En la tabla 3 se puede observar el área resistiva del sistema de arrastre y el porcentaje de contribución de cada una de las estructuras que componen el arte de arrastre de media agua.

Tabla 3. Área resistiva de los modelos de arte de arrastre de media agua y porcentaje de contribución respecto al área resistiva, de cada una de las estructuras componentes.

<b>Modelo analizado</b>	<b>6 paneles</b>	<b>4 paneles</b>	<b>4 portales</b>	<b>grandes mallas</b>
<b>Área resistiva</b>	7,381 m <sup>2</sup>	7,121 m <sup>2</sup>	7,009 m <sup>2</sup>	8,104 m <sup>2</sup>
<b>% contribución:</b>				
<b>Cables</b>	8,3	8,6	5,9	6,2
<b>Portales</b>	7,6	7,9	9,2	6,9
<b>Malletas</b>	6,5	4,5	4,6	5,5
<b>Flotadores</b>	1,5	1,6	1,6	1,4
<b>Cuerpo principal de red</b>	63,7	64,6	65,6	68,7
<b>Copo + cubre copo</b>	12,4	12,8	13,1	11,3

Fuente: Swiniarski *et al.*, 1994.

Entre los resultados obtenidos en este estudio, la mayor abertura vertical se obtuvo para la red de grandes mallas hexagonales, en cambio, la mayor abertura horizontal fue obtenida para el arte que ocupó 4 portales, por otra parte, la mayor área frontal se obtuvo para la red con 4 portales, pero a medida que aumenta la velocidad el área es menor, sin embargo, la red que tiene grandes mallas mantiene constante su área frontal e incluso aumenta cuando se incrementa de igual modo la velocidad. La red que ofrece menor resistencia es la red de aparejo estándar de 4 paneles.

Otro estudio relacionado con la resistencia y geometría de las redes de arrastre pelágicas fue realizado por Sendlak *et al* (1994), quienes realizaron una comparación de modelos de grandes redes pelágicas en términos de sus parámetros de trabajo, con interés particular en las características geométricas de la boca de la red con relación a cambios en la construcción y aparejamiento, y por ende sus efectos en la resistencia del arte de pesca.

Los progresos en la construcción de redes pelágicas involucran muchos aspectos, pero en primer lugar el desarrollo obtenido en lo que respecta al área frontal de este tipo de redes responde a las mejoras en las propiedades hidrodinámicas, así como también, la eficiencia de estos artes de pesca. El tamaño de la boca de la red es un indicador de la cantidad de agua desplazada y de la cantidad de peces que puede capturar, así también, el tamaño de la red de arrastre y consecuentemente su resistencia característica deben ajustarse a las propiedades mecánicas de la embarcación remolcadora.

Sendlak *et al* (1994), estudiaron los parámetros de acción de grandes redes de arrastre mediante modelos reducidos a escala 1:10, poniendo atención sobre dos puntos importantes.

- Análisis geométrico de la boca de la red
- Análisis de la resistencia de la red

Así mismo, estos autores se refirieron a los efectos que se originan al realizar cambios en la construcción, como por ejemplo, al variar los parámetros de operación durante el arrastre y evaluar su relación con el área frontal de la red. Los resultados mostraron que al aumentar la longitud de los cables se obtiene un incremento en el área frontal de la red así como también, un incremento en la resistencia de entre un 8-11%.

### **Análisis de la resistencia hidrodinámica y geometría de una red de arrastre pelágica con perímetro de boca igual a 420 m.**

Nowakowski *et al* (2001), presentan resultados de mediciones en una red pelágica de perímetro de boca igual a 420 m. ocupada comúnmente en la pesquería de Arenque en el mar Báltico. Estos resultados se generan tanto para el modelo a escala real, así como para el modelo a escala reducida 1:8. Puesto que la preparación del modelo implica una estrecha semejanza, los autores aplicaron coeficientes de escala idénticos para las dimensiones lineales, barras de mallas y diámetros de hilos. Esta condición aplicada al modelamiento de redes de arrastre de media agua caracterizadas por las grandes diferencias en los tamaños de malla fue posible de resolver mediante la aplicación de similitud geométrica parcial, método que proporciona una reducción del N° de mallas del modelo a una cantidad razonable.

De esta manera, bajo el supuesto que el modelo y la red estudiada son geoméricamente similares, que los coeficientes de fuerzas resistivas son idénticos, y la velocidad de arrastre es la misma para ambas redes estudiadas, se procedió a efectuar las mediciones mediante dos sensores: WSP-TRAWL (velocidad de arrastre y resistencia hidrodinámica) y WESMAR TCS 700E (abertura de portales y área frontal de la red).

Los resultados fueron aproximados mediante el método de los mínimos cuadrados. Los parámetros de acción del modelo fueron convertidos a valores reales de acuerdo a las reglas aplicadas de modelación. La resistencia, apertura entre portales y apertura de la red obtenida en las pruebas en mar y en el modelo se muestran en la Tabla 4.

Tabla 4. Abertura y resistencia de los sistemas de arrastre pelágicos, con perímetro de boca de 420 m obtenidas de pruebas en el mar y del modelo examinado.

velocidad arrastre (m/s)	Ab. vertical (m)		Ab. horizontal (m)		Ab. portalones (m)		Resistencia (kN)	
	mar	modelo	mar	modelo	mar	modelo	mar	modelo
1,8	24,0	22,7	27,5	27,8	75,9	75,0	24,9	24,5
1,9	22,2	20,9	27,2	28,7	76,6	78,4	26,9	27,3
2,0	20,3	19,1	28,6	29,7	78,9	81,6	30,2	30,3
2,1	18,3	17,4	31,7	30,6	82,9	84,4	35,0	33,5

Fuente: Nowakowski *et al* (2001).

El análisis de los datos de la tabla de resultados (arriba), muestra que las diferencias entre ambos sistemas de arrastre pelágico examinados no son demasiado visibles. Para el rango de velocidad señalado, desde 1,8 a 2,1 m/s (3,5 a 4,1 nudos) sobre el promedio, los resultados se incrementaron hasta:

- 1,2 m para la abertura vertical
- 1,0 m para la abertura horizontal
- 1,7 m para la abertura entre portalones
- 0,73 kN para la resistencia hidrodinámica

La comparación de los parámetros de trabajo de la red en relación con los parámetros del modelo muestra que:

- Abertura vertical de la red es mayor, no excediendo un 6%
- Abertura horizontal de la red es menor, no excediendo un 5%
- Abertura entre portalones es menor, no excediendo un 3%
- La fuerza de resistencia es menor, no excediendo un 5%

Por lo tanto, las diferencias entre los parámetros de la red pelágica con el modelo, son relativamente pequeñas no superando un 6%, lo que quiere decir, que proceder aplicando semejanza geométrica parcial es una opción aceptable para el análisis de artes de arrastre de media agua.

**Análisis de redes semipelágicas con perímetro de boca entre 576 - 1400 metros, aplicación en función de portalones diferentes y variaciones en longitud del cable de cala.**

Nowakowski (1999), experimentó con varios tipos de portalones y con diferentes longitudes de cable de cala, en redes de arrastre de media agua con un perímetro de la boca en un rango entre 576-1400 m, esto con el propósito de establecer relaciones entre las componentes del sistema de arrastre. Mediciones de parámetros de trabajo del sistema de arrastre fueron obtenidos para un modelo de reducción a escala 1:10. Los siguientes parámetros fueron medidos: abertura vertical, abertura horizontal, resistencia hidrodinámica del sistema y abertura de portalones, en la tabla 5 se pueden observar los parámetros de trabajo del sistema de arrastre obtenidos para una velocidad promedio de 2 m/s.

Tabla 5. Mediciones de parámetros de trabajo en las redes de arrastre pelágicas evaluadas.

Perímetro de la boca de la red (m)	long cable cala (m)	área portalon (m <sup>2</sup> )	abertura vertical (m)	abertura horizontal (m)	abertura portalones (m)	resistencia (kN)
1400	550	6,8	92,9	80,6	139,6	176
1400	550	7,9	87,4	92,7	163,4	192
1400	550	9,4	84,9	104,6	186	206
1400	800	6,8	91	94,7	163,4	184
1400	800	7,9	89,8	103	178,5	194
1400	800	9,4	83,5	115,4	200,3	212
1400	1200	6,8	88,6	101,7	180,7	193
1400	1200	7,9	76,2	106,4	184,3	207
1400	1200	9,4	78	118,7	216,1	223
1248	500	6,8	77	58	109	175
1248	500	7,9	73	66	130	190
1248	900	7,9	81	70	166	211
896	500	6,8	75	61	135	169
672	500	8	63	43	86	146
576	500	4,5	60	39	101	108

Fuente: Nowakowski (1999).

1 Kg = 9,8234 N

1 kN = 1000 N

Los resultados de las mediciones del modelo fueron aproximados mediante el método de los mínimos cuadrados, y convertidos a valores reales, para su posterior comparación con las redes a escala real.

Si la abertura horizontal de la red esta determinada por las fuerzas de abertura de los portales, longitud de cables, amarinamiento (cadenas, malletas), dimensiones del cuerpo principal de la red y la resistencia hidrodinámica del sistema de arrastre, entonces al aumentar las superficies del portalon y longitud del cable se produce un incremento de la abertura horizontal, abertura de portales y resistencia hidrodinámica, y al mismo tiempo la abertura vertical se ve reducida.

Los resultados muestran que los cambios de longitud de cable y abertura de portalon influyen en los parámetros de trabajo de la red de arrastre pelágica. Al variar dichos parámetros, además se están alterando la abertura horizontal, la abertura vertical y la resistencia hidrodinámica del sistema.

## **Relación entre longitud del cable de cala con parámetros de abertura y resistencia de un sistema de arrastre de media agua.**

Durante el calado de la red de arrastre de media agua, existe la necesidad de mantener estable dicho arte a distintas profundidades, donde los recursos objetivos están localizados. La profundidad a la cual se mantiene la red puede ser ajustada mediante cambios en la velocidad de calado, como también, por variaciones en la longitud de los cables de remolque. El hecho de restringir o acortar la longitud de los cables de remolque, se traduce en una disminución en el tiempo de hundimiento de la red, en cambio al incrementar la longitud de los cables se produce una profundización del arte de pesca.

Para cada red de arrastre, así como para cada parte del sistema existe un rango óptimo de longitud de cables de cala que se logra cuando el sistema obtiene los parámetros esperados de apertura de la boca de la red y al mismo tiempo la menor resistencia hidrodinámica debido al arrastre. Cuando la longitud de los cables cambia, también lo hace la abertura de la red, la distancia entre portalones y la resistencia al remolque, por ello conocer las relaciones entre los parámetros mencionados es de alta importancia en la práctica pesquera con el objeto de evitar estas variaciones que se traducen en problemas que generalmente son poco conocidos y casi como regla, son subestimados por capitanes y patrones de buques pesqueros (Sendlak, 1997).

Sendlak (1997), trabajó con información de un sistema de arrastre de media agua de perímetro igual a 2240 m utilizado en la pesquería oceánica de Polonia y diseñado para arrastreros con potencia de 3680 Kw (1 HP = 0,7457 Kw). El arte de pesca en escala natural cuenta con cables de cala de 550, 800 y 1200 m de longitud. La red se redujo a escala de razón 1:10 y se arrastro según tres longitudes de cable de cala distintas (55, 80 y 120 m) tomando como base la longitud igual a 80 m para el proceso de comparación.

Los resultados obtenidos por Sendlak (1997), establecen que cuando la red es remolcada con un cable de cala igual a 55 m se logra la menor resistencia dentro del rango de velocidad evaluado. Por otra parte, la menor diferencia en cuanto a resistencia hidrodinámica fue de un 7% respecto al modelo remolcado con un cable de 80 m de longitud. Cuando se remolca el sistema con cables de 120 m de longitud, la resistencia aumenta desde un 3–5 % (Fig. 11). Así también el área frontal fluctúa con los cambios de longitud, puesto que al remolcar la red de arrastre con cables de 55 m, a velocidades menores el área frontal se reduce en un 8% y utilizando cables de 120 m el área frontal aumenta en un 25% (Tabla 6).

Según Sendlak (1997), las fuerzas resistivas producto de remolcar una red de arrastre semipelágica aumentan junto con un incremento de longitudes de los cables de cala. En el rango de longitudes (55 m – 120 m) y de velocidad de arrastre (1,9 m/s – 2,5 m/s) evaluadas se determinó que la resistencia hidrodinámica del sistema de arrastre se incrementa desde un 10 – 20 % (Tabla 7).

Tabla 6. Comparación del área frontal del modelo, remolcado a diferentes longitudes de cable de cala.

Velocidad de arrastre (m/s)	80 m		120 m		55 m	
	m <sup>2</sup>	%	m <sup>2</sup>	%	m <sup>2</sup>	%
1,9	162	100	203	125	149	92
2,0	156	100	178	114	144	92
2,1	150	100	159	106	140	93
2,2	144	100	146	101	137	95
2,3	139	100	139	100	135	97
2,4	135	100	138	102	134	99
2,5	131	100	142	108	135	103

Fuente: Sendlak (1997).

Tabla 7. Comparación de la resistencia hidrodinámica del modelo arrastrado a diferentes longitudes de cable de cala.

Velocidad de arrastre (m/s)	80 m		120 m		55 m	
	R (N)	%	R (N)	%	R (N)	%
1,9	3734	100	3911	104,74	3398	91,00
2,0	4051	100	4199	103,65	3754	92,67
2,1	4379	100	4519	103,20	4074	93,03
2,2	4718	100	4873	103,29	4355	92,31
2,3	5068	100	5259	103,77	4599	90,75
2,4	5429	100	5679	104,60	4805	88,51
2,5	5802	100	6131	105,67	4974	85,73

Fuente: Sendlak (1997).

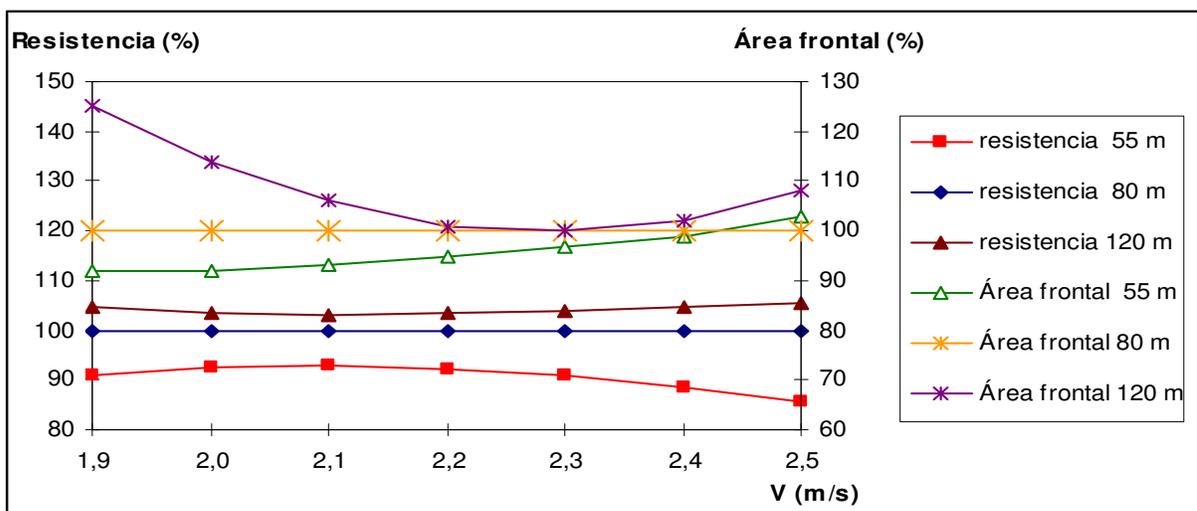


Figura 11. Comparación de los porcentajes de resistencia y área frontal del modelo remolcado a 55, 80 y 120 m de longitud de cable de cala (Sendlak., 1997).

## Influencia de la inclinación de portalones pelágicos sobre la profundidad de remolque de una red de arrastre de media agua.

La magnitud de la fuerza de hundimiento de una red de arrastre de media agua, cambia según la inclinación de los portalones. Mediciones del ángulo de inclinación de portalones fueron realizadas por medio de instrumentos hidroacústicos y el registro de parámetros de trabajo de la red. Swiniarski *et al*, (1994) realizó pruebas para diferentes maniobras en un portalon de arrastre pelágico con motivo de analizar los efectos producidos al variar el ángulo de inclinación de los portalones (Fig. 12) sobre la operación del arte de pesca.

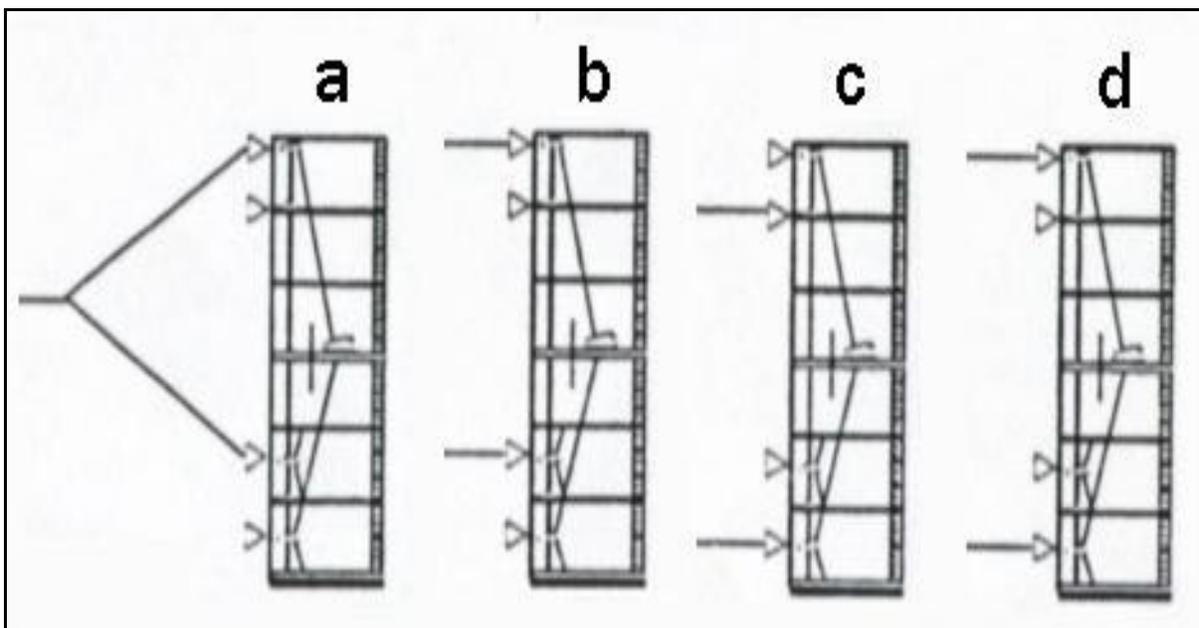


Figura 12. Variantes de maniobra utilizadas en el análisis del ángulo de inclinación. (Swiniarski *et al.*, 1994).

Los resultados de las pruebas mostraron que la profundidad de la red cambió dentro de límites de un 60% existiendo correlación inversa entre la inclinación del portalon y la profundidad del borlon, es decir, mientras mas se incline el portalon hacia dentro, se tiene una mayor profundidad del borlon.

El gráfico presentado (Fig. 13) muestra los ángulos de inclinación de los portalones evaluados. En la variante (c) se tiene la menor inclinación del portalon con ángulos desde  $-5^{\circ}$  hasta  $0^{\circ}$ , los cambios en la inclinación para la variante (d) están entre  $5^{\circ}$  hasta  $11^{\circ}$ , en la variante (b) la inclinación aumenta hasta los  $15^{\circ}$ . La mayor inclinación hacia el interior (ángulo positivo) de cada portalón, presentó valores entre  $25^{\circ}$  a  $28^{\circ}$  y se presentó para la variante (a).

Los resultados obtenidos para este estudio indican que la resistencia evaluada para las variantes (b), (c) y (d) no presentó mayores variaciones, sin embargo, al analizar la variante (a) se tiene que la resistencia al remolque es menor (Fig. 14), producto que para esta variante la abertura tanto horizontal como vertical, son menores.

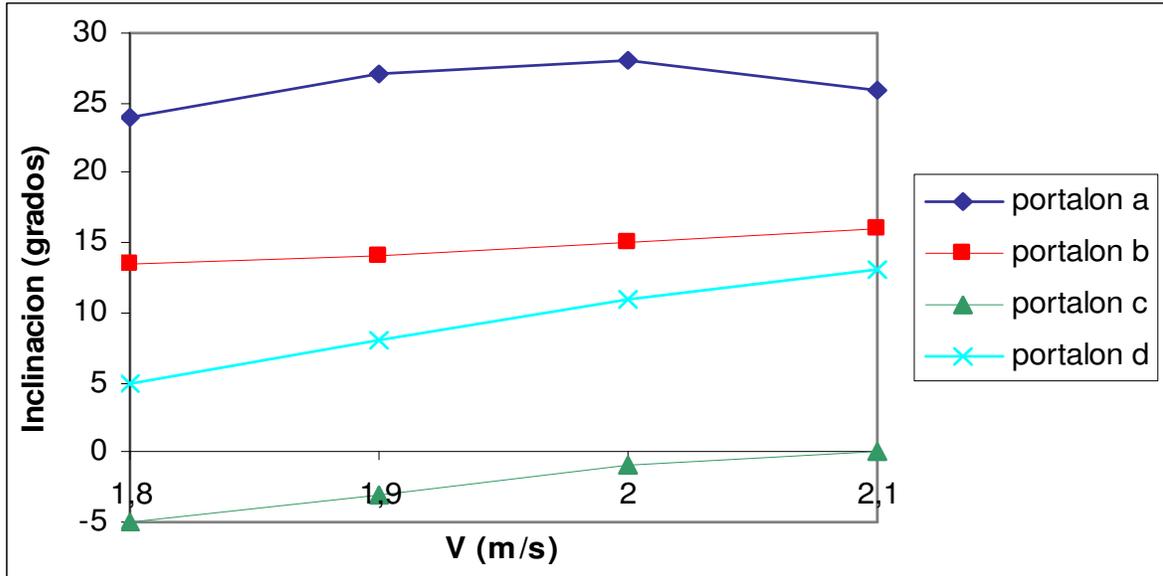


Figura 13. Inclinación resultante para los portales evaluados (Nowakowski, 1997).

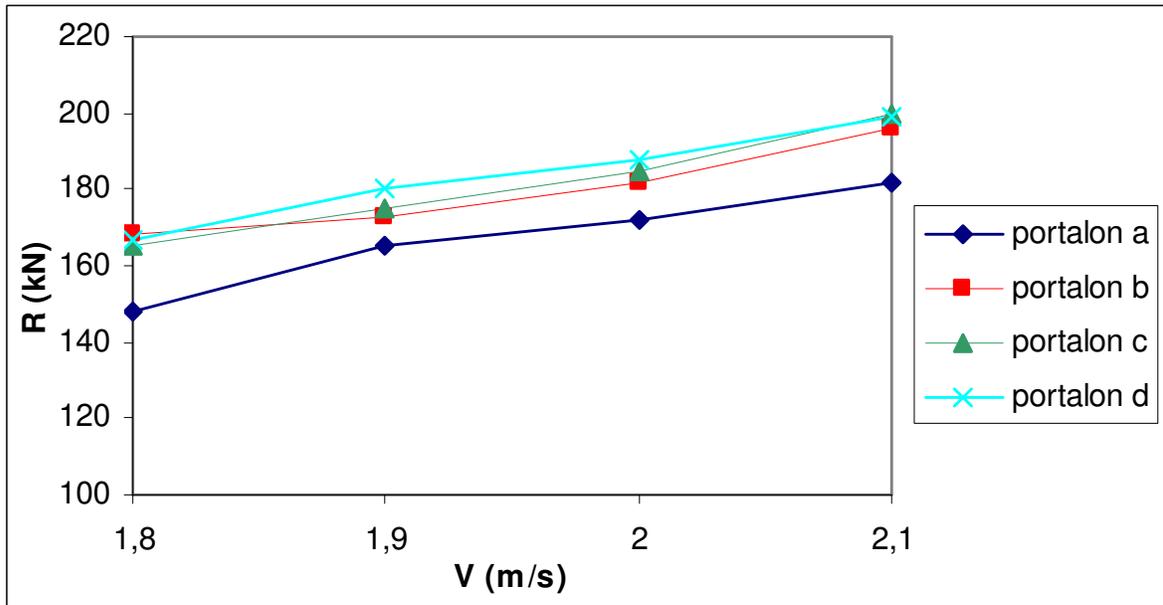


Figura 14. Resistencia hidrodinámica del sistema de arrastre (Nowakowski, 1997).

## Ecuaciones de Resistencia relativas al arrastre de media agua

Para determinar la resistencia del arte, es posible asumir esta como la suma de las resistencias de sus diversos componentes, bajo el supuesto de que no existe interacción entre estos (Fridman, 1973). Los principales componentes a considerar en un arte de arrastre de media agua son los cables de cala, los portalones, las malletas, los pesos y la red.

Cada uno de estos componentes ofrece una resistencia que es posible de estimar en forma aproximada, para ello se utiliza la ecuación de resistencia hidrodinámica de un cuerpo sumergido en el agua, que presenta la siguiente forma:

$$R = \frac{1}{2} \times \rho \times Cd \times A \times V^2$$

Donde:

$R$  = Resistencia Hidrodinámica (kg)

$\rho$  = Densidad másica del agua de mar = 104,6 (kg·s<sup>2</sup> / m<sup>4</sup>)

$Cd$  = Coeficiente resistivo

$A$  = Área de resistencia ó Área proyectada (m<sup>2</sup>)

$V$  = Velocidad de arrastre (m/s)

La red es el principal componente del arte de pesca y de todos estos componentes es aquel que ofrece la mayor resistencia al ser remolcada. Debido a lo anterior es que se hace necesario conocer el comportamiento que presenta la resistencia, esto con motivo de la fabricación y diseño de redes de arrastre adecuadas a la dinámica que presenta el fluido, en las zonas de operación. Es así, que diversos autores han intentado describir la resistencia de la red.

Entre los autores que han desarrollado investigaciones relevantes en este ámbito, se destacan: Fridman (1973), Reid (1977) y Swiniarski *et al* (1994).

### Fridman (1973)

Este autor trabaja bajo el supuesto que la Resistencia total de la red es igual a la suma de las resistencias de sus elementos constituyentes. Además, suponen que las dimensiones de las redes son conocidas y también su forma o configuración durante la operación de arrastre a velocidades dadas. Las alas de la red son consideradas como paños planos, y se disponen de tal manera, que forman un ángulo con respecto al flujo. Siendo así, la Resistencia de las alas de red se puede evaluar de la siguiente forma.

$$R_{\text{ alas }}(\alpha) = (1,8 + 2 \times ( \frac{d}{l} - 0,01 ) \times \varphi ) \times A_t \times V^2$$

Donde:

$R_{\text{ alas }}(\alpha)$  = Resistencia de las alas de la red (kg) a un cierto ángulo de ataque con respecto al flujo

$d$  = diámetro del hilo (cm)

$l$  = Tamaño de malla (cm)

$\varphi$  = ángulo de entrada (entre red y flujo)

$A_t$  = Área total de la red (m<sup>2</sup>)

$V$  = Velocidad de arrastre (m/s)

Para calcular la resistencia hidrodinámica que ofrecen los otros cuerpos de red (Belly's, Túnel y copo) se utiliza la fórmula que se muestra a continuación.

$$R = C_m \times \rho \times V^2 \times \frac{1}{2} \times S$$

Donde:

$R$  = Resistencia hidrodinámica del resto de los cuerpos (kg)

$\rho$  = Densidad másica del agua de mar = 104,6 (kg·s<sup>2</sup> / m<sup>4</sup>)

$V$  = Velocidad de arrastre (m/s)

$C_m$  = Coeficiente resistivo en función al ángulo de incidencia

$S$  = Área resistiva (m<sup>2</sup>)

### **Dra. A. Reid (1977)**

Inicialmente, establece que la fórmula básica de Resistencia para un cuerpo en el agua es de la forma:

$$R = \frac{1}{2} \times \rho \times Cd \times A \times V^2$$

Donde:

$R$  = Resistencia Hidrodinámica (kg)

$\rho$  = Densidad másica del agua de mar = 104,6 (kg·s<sup>2</sup> / m<sup>4</sup>)

$Cd$  = Coeficiente resistivo

$A$  = Área resistiva ó Área sólida (m<sup>2</sup>)

$V$  = Velocidad de arrastre (m/s)

Los estudios de la Dra. A. Reid además incorporan la relación existente entre el Coeficiente resistivo y el Número de Reynolds, para lo cual establece la siguiente formulación.

$$Cd = f(Re)$$

Re = Número de Reynolds

La ecuación del Número de Reynolds es la siguiente:

$$Re = \frac{V \times L}{\nu}$$

Donde:

$V$  = Velocidad de arrastre (m/s)

$L$  = Longitud del cuerpo de red analizado (m)

$\nu$  = Coeficiente de Viscosidad cinemática del fluido (m<sup>2</sup>/s)

Basándose en los supuestos de que existe una relación constante (lineal) entre el Coeficiente resistivo de la red y la velocidad de arrastre, de acuerdo con el análisis de un determinado número de redes pelágicas de similar diseño, la autora logra derivar una fórmula para calcular la resistencia (ton) de una red pelágica. La ecuación es la siguiente:

$$R = \frac{V^2 \times A}{54,72 \times V + 115,2}$$

Donde:

$R$  = Resistencia Hidrodinámica (ton)

$A$  = Área resistiva ó Área sólida de la Red (m<sup>2</sup>)

$V$  = Velocidad de arrastre (m/s)

La ventaja de esta formulación sobre previas ecuaciones de resistencia de redes, es que ésta puede ser evaluada, utilizando solamente información proveniente de una red de arrastre, es decir, la resistencia de la red de arrastre pelágica puede ser estimada a través del plano de diseño de ésta.

### Dr. J. Swiniarski (1994)

Establece un modelo de resistencia para redes pelágicas a través de trabajos experimentales consistentes en remolcar una red pelágica a escala, mediante un catamarán especialmente diseñado, y con los implementos necesarios para realizar mediciones a bordo.

Los resultados de las mediciones son aproximados, utilizando el método de los mínimos cuadrados, a un binomio de la siguiente forma.

$$Y_o = A_0 + A_1 \times V + A_2 \times V^2$$

Donde:

- $A_0$ ,  $A_1$  y  $A_2$  corresponden a los Coeficientes del binomio
- $V$  corresponde a la velocidad de remolque

La siguiente nomenclatura es utilizada en el modelo de J. Swiniarski.

$A_m$  = Área de abertura de la boca de red ( $m^2$ ), calculada como:  $A_m = L_z \times L_y$

$L_z$  = Abertura vertical de la red (m)

$L_y$  = Abertura horizontal de la red (m)

$A_m$  = Área resistiva del sistema de arrastre ( $m^2$ )

$R_x$  = Resistencia hidrodinámica del sistema de arrastre (kN)

$$R_x = R_1 \times \cos \alpha_1 \times \cos \beta_1 + R_2 \times \cos \alpha_2 \times \cos \beta_2$$

Donde:

$R_1$  y  $R_2$  = Tensiones en los cables de cala (Fig. 15)

$\alpha_1, \alpha_2$  = Ángulos entre eje simétrico al sistema de arrastre y cables de cala (Fig.15)

$\beta_1, \beta_2$  = Ángulos entre los cables y el plano horizontal (Fig. 15)

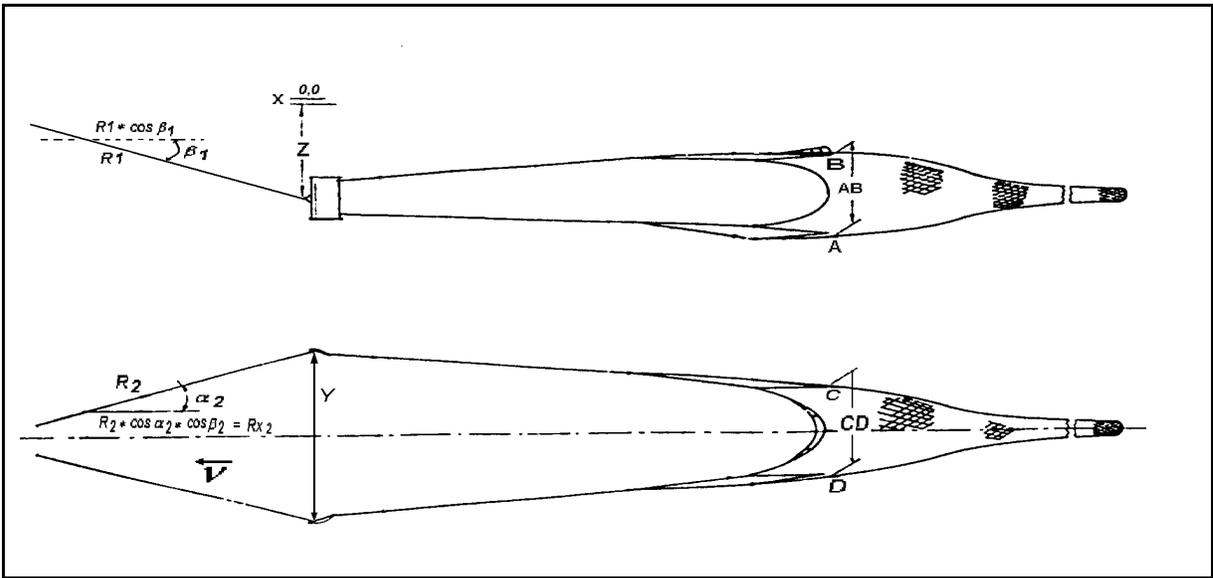


Figura 15. Tensiones en los cables de cala ( $R_1$  y  $R_2$ ), y descripción de los ángulos que se obtienen con respecto al plano en el espacio (Sendlak., *et al* 1994).

Para mantener la configuración de la boca de la red (Fig. 16), es decir su geometría, es necesario controlar la velocidad de arrastre y las variaciones en longitud de los cables de cala, así también sucede con las fuerzas estáticas relacionadas con los pesos y la flotación del arte.

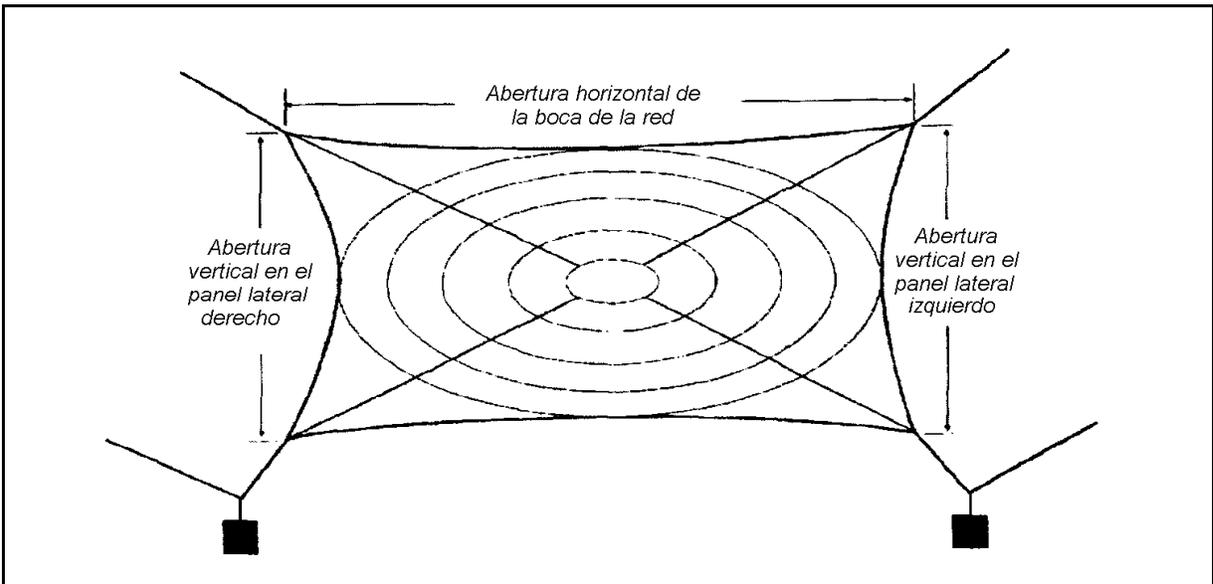


Figura 16. Esquema de la configuración de la boca de la red de arrastre. Se visualizan las amplitudes en el sentido horizontal y vertical. Del mismo modo es posible divisar los pesos en la sección inferior de la red. Estos parámetros ayudan a definir el área frontal de la red de arrastre de media agua.

Las ecuaciones para los coeficientes de resistencia, se muestran a continuación.

$$C_x = \frac{2 \times R_x}{\rho \times V^2 \times A_m} \quad C_x A_m = \frac{2 \times R_x}{\rho \times V^2 \times A_m}$$

Donde:

$C_x$  = Coeficiente resistivo del sistema de arrastre.

$C_x A_m$  = Coeficiente resistivo del sistema relativo al área de la boca de la red.

$A_m$  = Área de abertura de la boca de red (m<sup>2</sup>)

$A_m$  = Área resistiva del sistema de arrastre (m<sup>2</sup>)

$V$  = Velocidad de arrastre (m/s)

$R_x$  = Resistencia hidrodinámica del sistema de arrastre (kN)

El Dr. J. Swiniarski desarrollo una ecuación empírica que estima la resistencia del sistema de arrastre. Esta ecuación incorpora la relación directa entre el coeficiente resistivo de la red, y una variable independiente adimensional expresada por la razón entre el área sólida y el área frontal de la red. En tanto, la variable dependiente corresponde al coeficiente de resistencia del sistema de arrastre relativo al área de la boca de la red. Utilizando los mínimos cuadrados como un método de aproximación, las ecuaciones tanto del coeficiente resistivo como de la resistencia propiamente tal, son las siguientes.

$$C_x A_m = 0,00637 + 0,2418 \times \frac{A_m}{A_m}$$

$$R_x = 0,00637 \times \frac{V^2}{2} \times A_m + 0,2418 \times \frac{V^2}{2} \times A_m$$

1 Kg = 9,8234 N y 1 kN = 1000 N

## Características hidrodinámicas de cables utilizados en artes de pesca de arrastre

Las fuerzas hidrodinámicas en los cables, aunque no son tan considerables comparadas con otras fuerzas ejercidas sobre el arte, si son de gran importancia en los estudios de métodos de pesca. La resistencia de un cable que se mueve a través del agua es una pequeña, pero significativa proporción de la resistencia total del arte.

El cable forma una curva determinada por el efecto combinado, del peso y las fuerzas hidrodinámicas que actúan en él. Un conocimiento de la dinámica del cable es indispensable, en caso que las mediciones directas a bordo no sean confiables y para ello se depende de la validez de supuestos hechos acerca de las fuerzas hidrodinámicas que interactúan. Evidencia más directa puede ser obtenida desde mediciones de la geometría del arte y del arrastre de pesca. Aunque los resultados no han sido consistentes, esto principalmente porque la resistencia de los cables es pequeña comparada con el arrastre de captura, de este modo los cálculos son extremadamente sensibles a errores (MacLennan, 1979).

La forma de un cable cuando este es remolcado a través del flujo es determinada por su peso y por las fuerzas que actúan sobre este debido al agua. Estas fuerzas hidrodinámicas están en función de la velocidad de arrastre, el diámetro del cable, construcción del cable y el ángulo en dirección del movimiento respecto al flujo.

La fuerza dinámica sobre estos cuerpos, ha sido formulada como proporcional al cuadrado de la velocidad y al área proyectada por el cable, y se define de la siguiente manera.

$$R = \frac{1}{2} \times \rho \times Cd \times A \times V^2$$

Donde:

$R$  = Resistencia Hidrodinámica (kg)

$\rho$  = Densidad másica del agua de mar = 104,6 (kg·s<sup>2</sup> / m<sup>4</sup>)

$Cd$  = Coeficiente resistivo

$A$  = Área resistiva ó Área sólida (m<sup>2</sup>)

$V$  = Velocidad de arrastre (m/s)

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Caracterización del arte de pesca

A través de una visita al taller de redes de la empresa pesquera colaboradora en este trabajo, fue posible realizar una serie de mediciones concernientes a las características de las redes de arrastre de media agua utilizadas por dicha empresa en la captura de merluza de cola, así también, se registró información de los planos de construcción de dos redes que son las que se evaluarán en este trabajo. Ambas redes serán identificadas en base al perímetro de la boca.

Como se mencionó anteriormente, se procede a efectuar un análisis del diseño, construcción y armado de las redes de arrastre, en conjunto con un análisis de la operación de dichos artes de pesca.

- Red de arrastre de media agua y estructuras (cabos e hilos)

La red de arrastre de media agua dentro del sistema de pesca influye notoriamente en la determinación de la resistencia total del arte, pues esta componente ejerce la mayor resistencia al remolque entre los elementos que conforman este sistema.

Haciendo uso de los planos de construcción de las redes, se obtienen datos importantes que fueron empleados en el cálculo de las áreas. Se consideró la siguiente información:

- Longitud de la red
- N° de paneles en la red
- N° de cuerpos de la red
- N° de mallas en cada cuerpo de red
- Tamaños de mallas en los cuerpos de red
- Ángulos de corte en cada cuerpo de red
- Longitud de las estructuras
- Diámetros de los hilos
- Material de fabricación de los hilos

- Portalones

Los portalones son estructuras que influyen en la cuantificación de resistencia del arte de arrastre semipelágico, por lo tanto es primordial contar con información detallada de los modelos. Dicha información corresponde a los siguientes puntos.

- Modelos utilizados
  - Dimensiones y Área total
  - Peso
  - Coeficientes resistivos
  - Ángulo de diseño
  - Características hidrodinámicas
- Cables y estructuras

Estos elementos también influyen en el cálculo final de la resistencia del arte, por lo tanto deben tener las características adecuadas con relación a la red de arrastre y a la embarcación que remolca ésta. Además, la correcta geometría de la boca de la red depende del funcionamiento óptimo de estos elementos (cables de cala y malletas).

Existe especial preocupación, en cuanto a los siguientes puntos.

- Diámetro de los cables
  - Longitud de los cables
  - Características resistivas
- Relinga de cadenas o “borlon” y pesos para regular abertura vertical

La correcta determinación de estos elementos, permitirá una compensación de las fuerzas estáticas que afectan la determinación de la abertura vertical de la red y por ende el área frontal de la red. Para estos elementos, la información relevante consiste en lo siguiente.

- Longitud de relinga
- Dimensiones de los pesos y cadenas
- Características resistivas

- Operación del arte de pesca

En cuanto a la operación de los artes de pesca evaluados, se dispone de la información registrada en los lances de pesca efectuados, durante la temporada de pesca en los años 2001 y 2003. Entre los registros que completan la base de datos estudiada se cuenta con la siguiente información para realizar el análisis.

- Altura y abertura de la boca de la red
- Velocidad de arrastre relativa al agua
- Profundidad de arrastre y profundidad del fondo
- N° de lances efectuados
- Tensión y longitud de los cables de cala

### **Métodos para estimar la resistencia que ejercen los componentes intermedios**

Cada fuerza que actúa sobre el arte de pesca, depende de la velocidad a la cuál se esta remolcando éste, así también, sabemos que la resistencia del arte es igual a la sumatoria de la resistencia de cada uno de sus componentes (Fridman, 1973), teniendo como supuesto básico que no existe interacción entre estos. De tal manera se puede suponer la siguiente formulación:

$$R_{\text{e sist. arte}} = R_{\text{red}} + R_{\text{portalones}} + R_{\text{cables}} + R_{\text{borlón}} + R_{\text{pesos}}$$

En esta sección del estudio se establecen las metodologías para estimar la resistencia de los elementos que permiten unificar la red de arrastre de media agua con la embarcación arrastrera, es decir, la resistencia de las estructuras intermedias que será evaluada en función de la velocidad de arrastre del arte de pesca.

Para este análisis se realizó un análisis exhaustivo de las metodologías básicas existentes, de tal modo que se utilizaron las formulaciones más adecuadas en términos de precisión, facilidad de uso y datos existentes

Teniendo en cuenta que la variable velocidad de arrastre presenta un rango de acción distinto para cada red analizada, se consideraron las siguientes amplitudes, en base a la información obtenida de los lances de pesca.

Rango de velocidad de arrastre para la Red 1 (Swan-Net 616) = 3,1 – 5,1 nudos

Rango de velocidad de arrastre para la Red 2 (Swan-Net 876) = 2,0 – 5,2 nudos

Por lo tanto, con respecto a las características de los cables de cala y de las estructuras que conforman el amarinamiento del arte, y basándose en las formulaciones y supuestos establecidos por Fridman (1973), MacLennan (1979), Ferro & Hou (1984), para estimar estas fuerzas, se establece que la resistencia de dichos componentes, es posible de calcular a través de la ecuación siguiente:

$$R = \frac{1}{2} \times \rho \times Cd \times A \times V^2$$

Donde:

$R$  = Resistencia Hidrodinámica (kg)

$\rho$  = Densidad másica del agua de mar = 104,6 (kg·s<sup>2</sup> / m<sup>4</sup>)

$Cd$  = Coeficiente resistivo

$A$  = Área resistiva ó Área proyectada por la estructura (m<sup>2</sup>)

$V$  = Velocidad de arrastre (m/s)

### **Resistencia de los cables de cala**

Para estimar la resistencia de este componente, es necesario determinar la magnitud de los factores que intervienen en la ecuación de resistencia, pero es conocido el rango de velocidad y la densidad másica del agua de mar, por lo tanto, al determinar los valores para el coeficiente resistivo y para el área proyectada del cable se obtiene una estimación de la resistencia que ofrece esta estructura.

Según MacLennan (1979), es posible estimar el valor del coeficiente resistivo del cable de cala, por medio de un análisis de regresión entre los valores de  $Cd$  obtenidos experimentalmente y el ángulo de inclinación determinado por la relación entre la profundidad de arrastre y la longitud del cable de cala (Fig. 17).

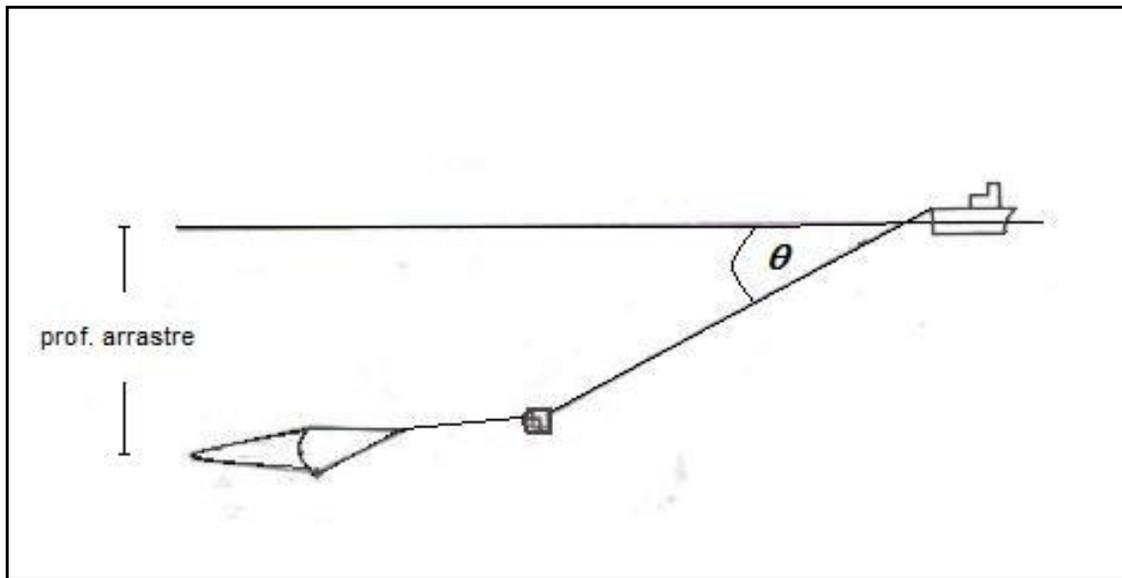


Figura 17. Ángulo de inclinación del cable de cala ( $\theta$ )

Así, los valores para el coeficiente resistivo ( $Cd$ ) y el ángulo de inclinación ( $\theta$ ) del cable están dados por las siguientes ecuaciones (anexo 1).

$$Cd_{\text{cable cala}} = 0,2877 \times \theta^{0,4986}$$

$$\text{sen } \theta = \left( \frac{\text{Profundidad arrastre}}{\text{Longitud cable de cala}} \right)$$

$$\theta (\text{grados}) = \text{Arc seno} \left( \frac{\text{Profundidad arrastre}}{\text{Longitud cable de cala}} \right)$$

Ahora, para estimar la resistencia del cable de cala es necesario determinar el área proyectada del cable de cala en función del ángulo de inclinación del mismo.

$$\text{Área resistiva cable de cala} = \Phi \times \ell \times \text{seno } \theta$$

Donde:

$\Phi$  = Diámetro del cable de cala (m)

$\ell$  = Longitud del cable de cala (m)

$\theta$  = Ángulo de inclinación del cable de cala (grados)

De esta manera, la ecuación de resistencia para el cable de cala es la siguiente.

$$R_{\text{cable cala}} = 0,5 \times \rho \times 0,2877 \times \theta^{0,4986} \times \Phi \times \ell \times \text{seno } \theta \times V^2$$

### **Resistencia de los portales**

Para estimar la resistencia que ejercen los portales dentro del sistema de arrastre semipelágico, es necesario conocer el diseño de la estructura, y rescatar información del coeficiente resistivo, ángulo de ataque y área del portalon.

Los cálculos realizados en este trabajo, referentes a la resistencia de los portales, consideran un coeficiente resistivo ( $Cd$ ) donde el coeficiente de elevación del portalon ( $Cl$ ) presenta el valor máximo y en tal punto, es posible determinar el ángulo de ataque para el portalon (Fig. 18).

Es necesario decir, que cada una de las redes evaluadas en este trabajo considera en su análisis portales diferentes, tales diferencias son cuantificables únicamente en el cálculo del área total, puesto que corresponden al mismo diseño.

$$\text{Área portalón (m}^2\text{)} = \text{Longitud portalon} \times \text{Ancho portalon}$$

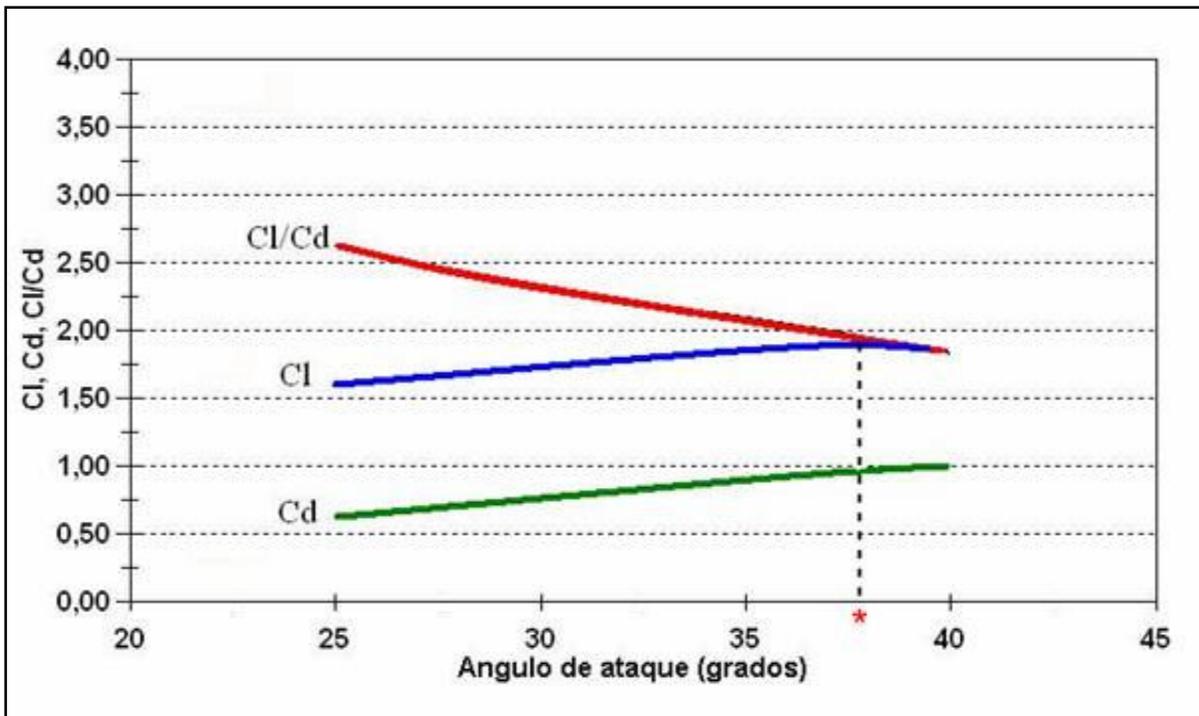


Figura 18. Coeficientes resistivos para los portales Thyboron Skibssmedie.

En la gráfica (Fig. 18) se puede observar el punto de intersección donde el coeficiente de elevación ( $Cl$ ) es máximo, este punto corresponde a un ángulo de ataque igual a  $37^\circ$  (\*) y para un coeficiente resistivo ( $Cd$ ) igual a 0,96 según el catálogo de especificaciones técnicas para el tipo de portalon evaluado (anexo 2).

$$Cd_{portalon (Cl_{max})} = 0,96$$

De esta manera, la ecuación para estimar la resistencia del portalon, queda definida por la siguiente fórmula.

$$R_{portalon} = 0,5 \times \rho \times Cd_{portalon (Cl_{max})} \times A_{portalon} \times V^2$$

Donde:

$$A_{portalon} = \text{Área portalon (m}^2\text{)}$$

$$V = \text{Velocidad de arrastre relativa al agua (m/s)}$$

## Resistencia de las malletas

La resistencia de estos cables se estima de forma similar al cálculo realizado para los cables de cala, sin embargo, se debe tener en cuenta que estos cables presentan un movimiento angular tanto en el sentido vertical como en el horizontal, por lo tanto, es necesario determinar una serie de relaciones que tienen que ver con los parámetros de abertura de la red de arrastre.

$$APA \approx LRS_{SL} \times 0,5 \text{ a } 0,6$$

Donde:

- $APA$  = Estimación de la abertura de punta de alas (m)
- $LRS_{SL}$  = Longitud de la relinga superior sin considerar cabos libres (m)
- 0,5 a 0,6 = Simplificación validada por datos experimentales de los lances  
Factor para una red de arrastre pelágica (Fisherman's Workbook)

$$AB_{PORT} = \left( LRS_{SL} \times 0,6 \times [Lred_{sinT-C} + L_M] \right) / Lred_{sinT-C}$$

$$Lred_{sinT-C} = \sum LTE = \sum_{i=1}^n N^{\circ} \text{ mallas} \times T \text{ malla}$$

Donde:

- $AB_{PORT}$  = Estimación de la abertura entre portalones (m)
- $Lred_{sinT-C}$  = Longitud de la red sin considerar túnel ni copo (m)
- 0,6 = Simplificación validada por datos experimentales de los lances  
Factor para una red de arrastre pelágica (Fisherman's Workbook)
- $LTE$  = Longitud de tela estirada ó [N° mallas de largo x Tamaño malla] (m)
- $i = 1, 2, \dots, n$  = Numero de cuerpos en el panel de red sin considerar túnel ni copo
- $L_M$  = Longitud de la malleta (m)

$$\delta = \text{Arcseno} \left( \frac{\left( \frac{AB_{PORT} - APA}{2} \right)}{L_M} \right)$$

$$\gamma = \text{Arcseno} \left( \frac{[Alt_{RED} - Alt_{PORT}]}{L_M} \right)$$

Donde:

$Alt_{RED}$  = Altura promedio de la boca de la red (m)

$Alt_{PORT}$  = Altura ó longitud del portalón (m)

$\delta$  = Ángulo de la malleta con proyección en el plano horizontal (grados)

$\gamma$  = Ángulo de la malleta con proyección en el plano vertical (grados)

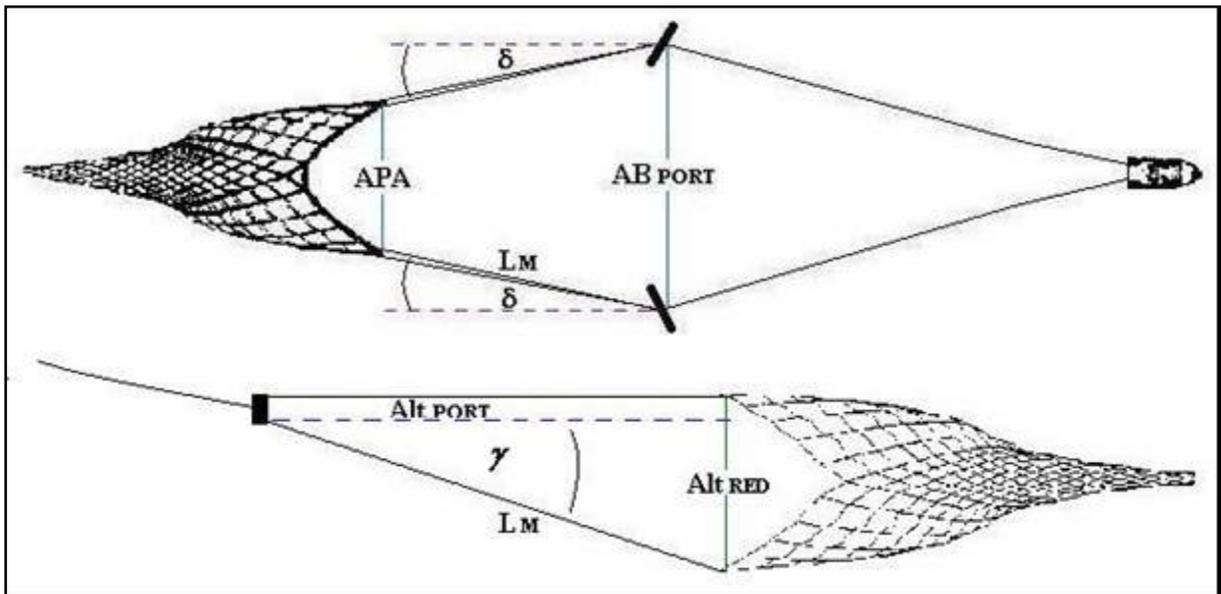


Figura 19. Esquema de los ángulos proyectados por las malletas en el plano horizontal y vertical, junto con los parámetros de apertura de la red de arrastre (Bessonneau & Marichal, 1998).

Una vez que los ángulos proyectados por las malletas han sido estimados, ésto con el propósito de calcular el área proyectada por dichos cables dentro del sistema de arrastre de media agua, se procede a estimar el coeficiente resistivo de las malletas. Este cálculo se fundamenta en los estudios realizados por MacLennan (1979) quién establece relaciones entre valores asociados al N° de Reynolds con respecto al coeficiente resistivo ( $Cd$ ) de un cable de acero utilizado en la pesca de arrastre (Tabla 8).

$$A_{mta\ PH} = L_M \times \Phi_M \times \text{seno } \delta$$

$$A_{mta\ PV} = L_M \times \Phi_M \times \text{seno } \gamma$$

Donde:

$A_{mta\ PH}$  = Área proyectada por la malleta en el plano horizontal (m<sup>2</sup>)

$A_{mta\ PV}$  = Área proyectada por la malleta en el plano vertical (m<sup>2</sup>)

$L_M$  = Longitud de la malleta (m)

$\Phi_M$  = Diámetro de la malleta (m)

Tabla 8. Relación entre N° de Reynolds y Coeficiente resistivo (MacLennan, 1979).

N° de Reynolds ( $Re$ )	Coeficiente resistivo ( $Cd$ )
10.000	1,17
50.000	1,03

De la información de la tabla 8, es posible llevar a cabo un análisis de regresión, que permita definir la ecuación que mejor se ajuste a los datos experimentales del estudio de MacLennan (1979).

$$Cd_{MALLETA} = -0,0000035 \times Re + 1,205$$

$$Re = \frac{V \times \Phi}{\nu}$$

Donde:

$V$  = Velocidad de arrastre (m/s)

$\Phi$  = Diámetro de la malleta (m)

$\nu$  = Viscosidad cinemática del agua de mar =  $10^{-6}$  (m<sup>2</sup>/s)

El factor igual a 0,5 de la ecuación típica de resistencia, es eliminado de la ecuación, puesto que al multiplicar por el número de malletas (2), ambos factores se simplifican. Una vez determinados los componentes de la ecuación base, la fórmula para estimar la resistencia de las malletas será la siguiente.

$$R_{MALLETA} = \rho \times Cd_{MALLETA} \times A_{mta PH} \times V^2 + \rho \times Cd_{MALLETA} \times A_{mta PV} \times V^2$$

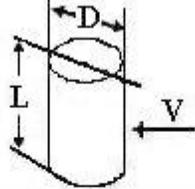
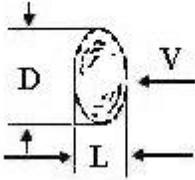
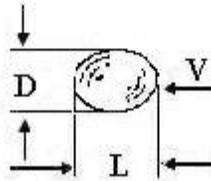
### Resistencia del Borlón

El borlón utilizado para las redes de arrastre evaluadas, esta conformado por dos secciones, estas son las cadenas tensoras y la relinga de cadenas. Cada una de estas secciones varía en longitud, según las dimensiones de la red de arrastre. Para efectos de cálculo se utilizan cadenas de idénticas dimensiones en ambas redes.

$$R_{BORLÓN} = R_{TENSORES} + R_{RELINGA}$$

De acuerdo a mediciones realizadas en taller de redes, a los tipos de cadena empleados en los artes evaluados, se tiene que el número de eslabones que contiene una cadena tensora es igual a 13, y la separación entre cadenas tensoras es de 5 m. El metro lineal de la cadena utilizada en la relinga contiene 15 eslabones (Fig. 20 y Fig. 21). Para el cálculo del coeficiente resistivo de los tensores ( $Cd_T$ ), se consideran dos valores, los que varían según la disposición de los eslabones con respecto al flujo (Tabla 9). Así también, respecto al cálculo realizado para estimar la resistencia de la relinga de cadenas, se consideran dos valores para determinar el coeficiente resistivo de la misma ( $Cd_R$ ) (Fig. 20).

Tabla 9. Estimación del coeficiente resistivo en los eslabones, según similitud de formas.

ESLABÓN	DESCRIPCIÓN	FORMA	RELACIÓN L / D	COEFICIENTE RESISTIVO
	Cilindro con eje mayor perpendicular al flujo		1	0,63
			2	0,68
			5	0,74
			10	0,82
			20	0,90
			40	0,98
	Elipsoide con eje mayor perpendicular al flujo		0,75	0,21
	Elipsoide con eje mayor paralelo al flujo		1,80	0,07

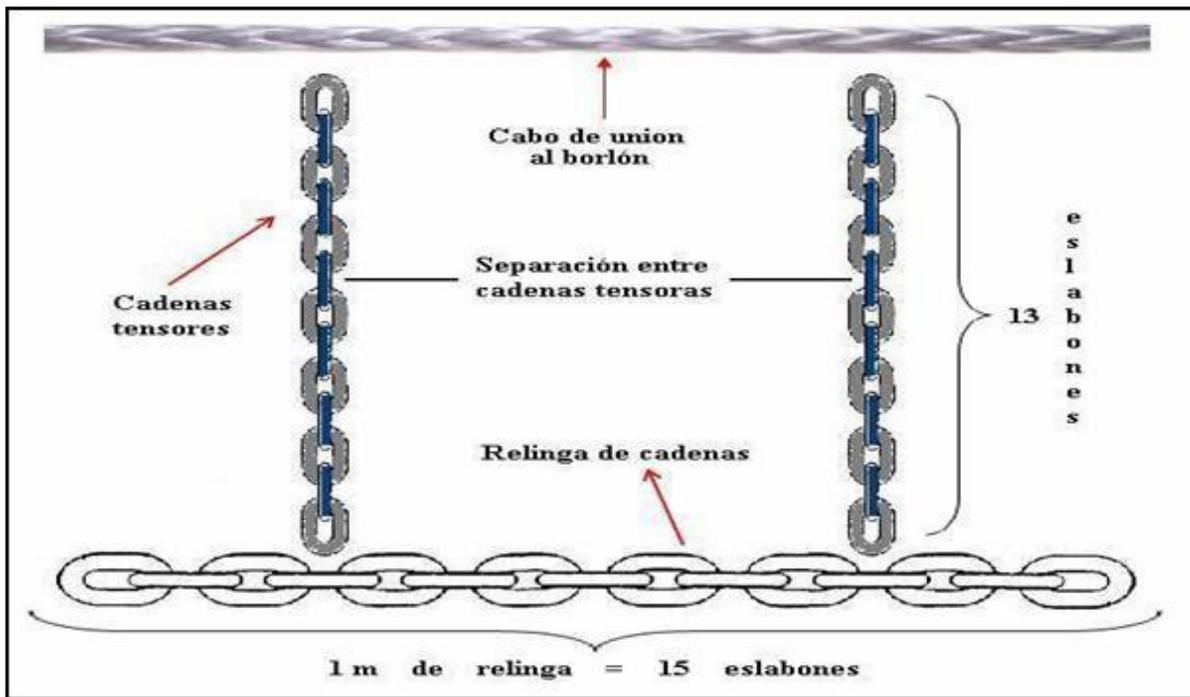


Figura 20. Disposición de las cadenas utilizadas en el arte de pesca de arrastre de media agua.

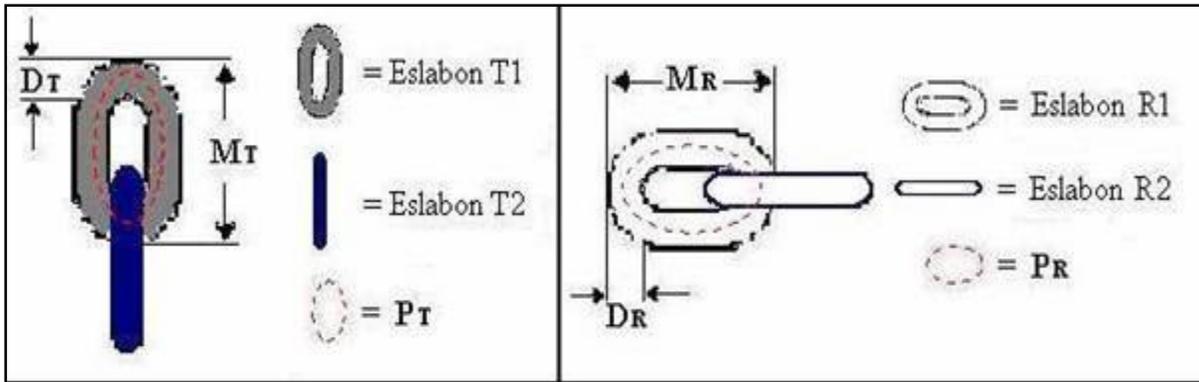


Figura 21. Dimensiones de las cadenas utilizadas en el sistema de arrastre de media agua. Se divisan cadenas tensoras (a la izquierda) y relinga de cadenas (a la derecha).

Puesto que ambas redes ocupan cadenas en la construcción del borlón que presentan dimensiones idénticas, los coeficientes resistivos son los mismos, esto independiente de la velocidad a la cual es remolcada la red de arrastre de media agua. Así, la relación establecida por la multiplicación de los factores área resistiva del tensor ( $A_T$ ) y coeficiente resistivo del mismo ( $Cd_T$ ), queda dada por:

$$A_T \times Cd_T = Cd_{T1} \times (N^{\circ}_{T1} \times D_T \times P_T) + Cd_{T2} \times (N^{\circ}_{T2} \times D_T \times M_T)$$

Donde:

$A_T$  = Área resistiva de la cadena tensora ( $m^2$ )

$Cd_T$  = Coeficiente resistivo de la cadena tensora

$Cd_{T1}$  = Coeficiente resistivo del eslabón T1 en la cadena tensora

$Cd_{T2}$  = Coeficiente resistivo del eslabón T2 en la cadena tensora

$N^{\circ}_{T1}$  = Número de eslabones T1 en la cadena tensora

$N^{\circ}_{T2}$  = Número de eslabones T2 en la cadena tensora

$D_T$  = Diámetro del eslabón de la cadena tensora (m)

$P_T$  = Perímetro medio del eslabón de la cadena tensora (m)

$M_T$  = Longitud del eslabón de la cadena tensora (m)

El número de tensores que hay en el brolón de la red de arrastre de media agua, esta dado por el cuociente entre la longitud de la relinga inferior (*LRI*) y la separación que hay entre los tensores.

$$N^{\circ}_{TENSORES} = \frac{LRI}{separacion \ de \ tensores}$$

Del mismo modo en que se trató con la relación establecida para las cadenas tensoras, es posible determinar una relación para la cadena de relingas.

$$A_R \times Cd_R = Cd_{R1} \times (N^{\circ}_{R1} \times D_R \times P_R) + Cd_{R2} \times (N^{\circ}_{R2} \times D_R \times M_R)$$

Donde:

$A_R$  = Área resistiva de la cadena de relinga ( $m^2$ )

$Cd_R$  = Coeficiente resistivo de la cadena de relinga

$Cd_{R1}$  = Coeficiente resistivo del eslabón R1 en la cadena de relinga

$Cd_{R2}$  = Coeficiente resistivo del eslabón R2 en la cadena de relinga

$N^{\circ}_{R1}$  = Número de eslabones R1 en la cadena de relinga

$N^{\circ}_{R2}$  = Número de eslabones R2 en la cadena de relinga

$D_R$  = Diámetro del eslabón de la cadena de relinga (m)

$P_R$  = Perímetro medio del eslabón de la cadena de relinga (m)

$M_R$  = Longitud del eslabón de la cadena de relinga (m).

Tabla 10. Dimensiones de las cadenas empleadas en el análisis del borlón.

<b>Simbología utilizada para cada Ítem</b>	<b>Dimensiones (m) de cadenas utilizadas en Red Swan-net 616</b>	<b>Dimensiones (m) de cadenas utilizadas en Red Swan-net 876</b>
$P_T$	0,124	0,124
$D_T$	0,009	0,009
$M_T$	0,071	0,071
$D_R$	0,016	0,016
$M_R$	0,097	0,097
$P_R$	0,165	0,165
$N^{\circ}_{T1}$	7	7
$N^{\circ}_{T2}$	6	6
$N^{\circ}_{R1}$	8	8
$N^{\circ}_{R2}$	7	7
$LRI$	250	413
$N^{\circ}_{TENSORES}$	50	80

Mediante el análisis de las tablas 9 y 10, es posible estimar los coeficientes resistivos a utilizar en el cálculo de la resistencia del borlón. Estos valores se presentan a continuación:

$$Cd_{T1} = 0,21$$

$$Cd_{T2} = 0,77$$

$$Cd_{R1} = 0,07$$

$$Cd_{R2} = 0,775$$

De esta manera, las ecuaciones utilizadas para estimar la resistencia de la cadena tensora y de la cadena de relinga, son las siguientes.

$$R_{TENSORES} = 0,5 \times \rho \times A_T \times Cd_T \times V^2$$

$$R_{RELINGA} = 0,5 \times \rho \times A_R \times Cd_R \times V^2$$

### Resistencia de los pesos

Estos pesos, corresponden a grandes eslabones de cadenas de ancla entrelazadas que permiten incrementar la abertura vertical de la red de arrastre de media agua. Para determinar el área resistiva que ofrecen estos pesos, se asume que las cadenas toman la forma de un cilindro sólido cuyo eje mayor es perpendicular al flujo del agua (Fig. 22). Así también con respecto al coeficiente resistivo, éste es posible de estimar a través de las dimensiones del cilindro proyectado por el aglomerado de cadenas.

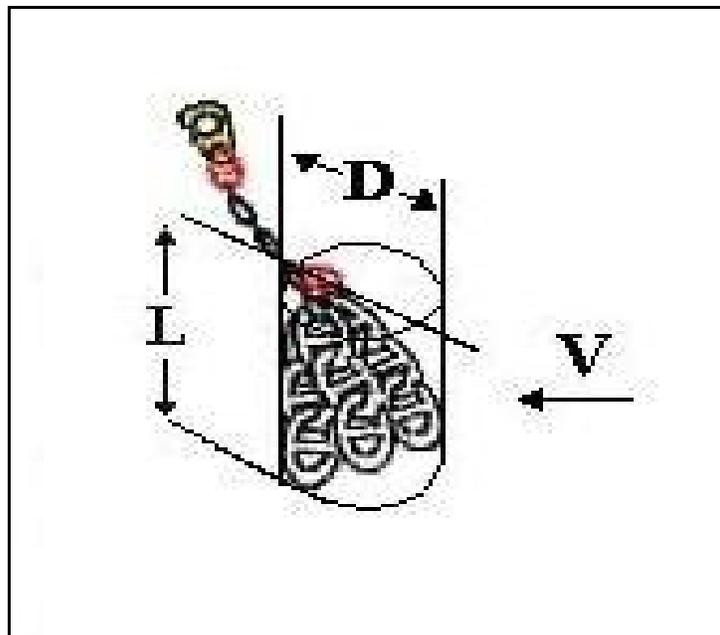


Figura 22. Cilindro proyectado por los pesos de cadenas.

$$A_{\text{Pesos}} = L \times D$$

Donde:

$A_{\text{Pesos}}$  = Área expuesta de los pesos, proyectada por el cilindro ( $\text{m}^2$ )

$L$  = Longitud del cilindro proyectado (m)

$D$  = Diámetro del cilindro proyectado (m)

De acuerdo a las mediciones se tiene que aproximadamente  $L = 2 \text{ m}$  y  $D = 0,5 \text{ m}$  por lo tanto, mediante la tabla de similitud de formas (ver tabla 9) para un cilindro que tiene su eje mayor en sentido perpendicular al flujo del agua, se tiene que el valor del coeficiente resistivo es igual a 0,68.

$$Cd_{\text{pesos}} = 0,68$$

Puesto que son dos los pesos ubicados en el arte de arrastre de media agua, el factor igual a 0,5 es eliminado de la ecuación de resistencia.

$$R_{\text{PESOS}} = \rho \times Cd_{\text{pesos}} \times A_{\text{Pesos}} \times V^2$$

## Métodos utilizados para determinar la resistencia de las redes de arrastre de media agua

Para dar cumplimiento a este objetivo, se relaciona la información obtenida en los lances de pesca, la información proveniente del cálculo resistivo de los componentes intermedios y los registros obtenidos de los sensores de tensión del sistema controlador de arrastre RAPP-HYDEMA (Tabla 11). De esta forma, es posible analizar la resistencia de la red de arrastre de media agua en función de la velocidad de arrastre.

En los lances de pesca realizados no se considera el efecto de la captura, puesto que la información proviene de los tiempos iniciales referentes a cada lance. Del mismo modo, dichos lances son relativos a la operación de pesca y no representan lances de experimentación con equipos calificados para ello, puesto que los sensores y equipos están dispuestos para la operación de pesca, por tanto no se consideran variables tales como virajes, condición de mar y viento en la zona. Por lo tanto, la información recogida está expuesta a ruido (refiriéndose en términos estadísticos), sin embargo, el aspecto relevante a considerar es la tendencia que presenta la distribución de los registros. Cabe señalar que el registro de datos fue sometido a un filtro mediante la aplicación de un software estadístico (SPSS 11.5), eliminándose así los datos anormales que interfieren en el análisis.

Tabla 11. Observaciones utilizadas en el cálculo de resistencia de la red de arrastre

Nº de observaciones	Velocidad de arrastre	Tensión en el cable de Babor	Tensión en el cable de Estribor	Resistencia del arte de arrastre	Resistencia de componentes intermedios
1	1	1	1	1	1
....	....	....	....	....	....
....	....	....	....	....	....
n	n	n	n	n	n

Para la red 1 se tiene un registro de observaciones (n=140) correspondientes a 17 lances, y para la red 2 se tiene un registro de observaciones (n=241) para 51 lances efectuados.

Del registro de los lances de pesca, se conoce que la resistencia del arte de pesca de arrastre esta dada por la siguiente relación.

$$R_{ARTE} = \sum_{i=1}^n T_{Bb} + T_{Eb} = R_{RED} + R_{CI}$$

Donde:

- $R_{ARTE}$  = Resistencia del arte de arrastre de media agua  
 $T_{Bb}$  = Tensión registrada en el cable de cala de babor  
 $T_{Eb}$  = Tensión registrada en el cable de cala de estribor  
 $R_{RED}$  = Resistencia de la red de arrastre de media agua  
 $R_{CI}$  = Resistencia de los componentes intermedios.

Las redes analizadas se identifican según el perímetro de la boca (Tabla 12), éste cálculo se obtiene del plano de diseño de las redes y considera los cuatro paneles que estas poseen.

$$\text{Perímetro Red} = N^{\circ}\#_{SUP} \times t\#_{SUP} + N^{\circ}\#_{INF} \times t\#_{INF} + 2 \times N^{\circ}\#_{LAT} \times t\#_{LAT}$$

Donde:

- $N^{\circ}\#_{SUP}$  = N° de mallas en la boca de la red en panel superior  
 $t\#_{SUP}$  = Tamaño de malla en la boca de la red en panel superior  
 $N^{\circ}\#_{INF}$  = N° de mallas en la boca de la red en panel inferior  
 $t\#_{INF}$  = Tamaño de malla en la boca de la red en panel inferior  
 $N^{\circ}\#_{LAT}$  = N° de mallas en la boca de la red en panel lateral  
 $t\#_{LAT}$  = Tamaño de malla en la boca de la red en panel lateral

Tabla 12. Identificación de las redes según el perímetro de la boca.

<b>Red de arrastre de media agua</b>	<b>Perímetro de la boca de la red (m)</b>
Red 1	616
Red 2	876

Una vez que ha sido estimada la resistencia de las redes de acuerdo a los datos experimentales, se procede a la evaluación de los modelos de Reid (1977) y Swiniarski (1994), con el propósito de evaluar el comportamiento de las redes analizadas y comprobar si estos modelos se ajustan a los resultados obtenidos en este trabajo.

### **Modelo resistivo para redes de arrastre de media agua según Reid (1977).**

$$R_{RED} = \frac{V^2 \times A}{54,72 \times V + 115,2}$$

Donde:

$R_{RED}$  = Resistencia de la red de arrastre pelágica (ton)

$A$  = Área resistiva ó Área sólida de la Red ( $m^2$ )

$V$  = Velocidad de arrastre (m/s)

Dentro de las variables que utiliza Reid (1977) para formular el modelo de resistencia de la red de arrastre pelágica, se tiene la velocidad de arrastre y el área resistiva ó área sólida. La velocidad de arrastre no representa un problema mayor, debido a que éste registro se obtiene de la operación de pesca para la merluza de cola, sin embargo, respecto al área sólida, ésta debe calcularse de acuerdo al plano de construcción de las redes (anexos 3 y 4), considerando solamente el cuerpo de la red (no tomando en cuenta nudos de mallas, túnel y copo) por ello es necesario realizar un análisis detallado de los cuerpos de red que conforman estos artes de pesca.

Del análisis estático de las redes se obtienen los siguientes parámetros, donde  $i=1, \dots, 4$  (Nº de paneles) y  $j=1, \dots, m$  (Nº de cuerpos)

Según la metodología que establece la teoría de paños, el número de mallas totales que hay en la red de arrastre de media agua, esta dado por.

$$N^{\circ} \#_{TOT} = \sum_{i=1}^{n=4} \sum_{j=1}^m (A + a) \times d$$

Donde:

$N^{\circ}\#_{TOT}$  = Número total de mallas en la red

$A$  = Número de mallas en la parte superior del cuerpo de red analizado

$a$  = Número de mallas en la parte inferior del cuerpo de red analizado

$d$  = Número de mallas de altura del cuerpo de red analizado

El área sólida corresponde al área que proyectan los nudos y las barras, e indica los metros cuadrados de hilo en esa área. El área sólida en una red de arrastre pelágica, en este caso se calcula, no considerando el área de los nudos (Reid, 1977), así la formulación será

$$A_S = \sum_{i=1}^{n=4} \sum_{j=1}^m (N^{\circ}\# \times t\# \times \Phi_{HILO})$$

Donde:

$A_S$  = Área sólida de la red ( $m^2$ )

$N^{\circ}\#$  = Número de mallas en el cuerpo de red

$t\#$  = Tamaño de malla en el cuerpo de red (m)

$\Phi_{HILO}$  = Diámetro del hilo en el cuerpo de red (m)

El área total corresponde al área de los paños cuando están trabajando. Se calcula el área total para cada parte del cuerpo de red (sin el túnel ni copo) y luego se estima el área global de la red.

$$A_T = \sum_{i=1}^{n=4} \sum_{j=1}^m (N^{\circ}\# \times 0,5 \times t\#^2) \times \mu_1 \times \mu_2$$

Donde:

$A_T$  = Área de trabajo de la red ( $m^2$ )

$\mu_1$  = Coeficiente de abertura en la boca de la red

$\mu_2$  = Coeficiente de altura en la boca de la red

$N^\circ\#$  = Número de mallas en el cuerpo de red

$t\#$  = Tamaño de malla en el cuerpo de red (m)

El coeficiente de abertura ( $\mu_1$ ) expresa la relación que existe entre la longitud de la tela estirada y encabalgada. En este caso particular, el coeficiente de abertura explica la relación entre la abertura de mallas estiradas y encabalgadas. Por otra parte, el coeficiente de altura ( $\mu_2$ ) se refiere a la razón entre la altura de malla trabajando (red armada) y la altura teórica máxima.

$$\mu_1 = \frac{L_c}{LTE}$$

Donde:

$L_c$  = Longitud del cabo en la boca de la red (m)

$LTE$  = Longitud de tela estirada en la boca (m)

$$\mu_2 = \frac{Alt \#}{t \#}$$

Donde:

$Alt\#$  = Altura de la malla trabajando (m)

$t\#$  = Tamaño de malla estirada (m)

Ambos coeficientes ( $\mu_1$  y  $\mu_2$ ), varían entre 0 y 1, y la relación altura-abertura es.

$$\mu_1^2 + \mu_2^2 = 1$$

La proporción del área sólida ( $A_S$ ) con respecto al área de trabajo ( $A_T$ ) de la red, se conoce como coeficiente de solidez ( $S$ ).

$$S = \frac{A_S}{A_T}$$

Mediante el análisis estático de los planos de red, se determina el área sólida, ahora es posible calcular la resistencia de la red para el modelo de Reid (1977) en función de los datos observados.

#### **Modelo resistivo para redes de arrastre de media agua según Swiniarski (1994).**

$$R_x = 0,00637 \times \frac{V^2}{2} \times A_m + 0,2418 \times \frac{V^2}{2} \times A_m$$

Donde:

$R_x$  = Resistencia Hidrodinámica del arte (kN)

$A_m$  = Área expuesta ó área frontal de la red ( $m^2$ )

$A_m$  = Área resistiva o área sólida de la red ( $m^2$ )

$V$  = Velocidad de arrastre (m/s)

Se conoce que la resistencia de la red está dada por la ecuación siguiente.

$$R_{RED} = R_{ARTE} - R_{COMPONENTE S INTERMEDIO S}$$

Dentro de las variables necesarias para evaluar el modelo resistivo de Jozef Swiniarski (1994), la velocidad de arrastre se obtiene de los registros de operación de la nave arrastrera, el área sólida de la red se obtiene del análisis estático del plano de diseño de la red y respecto al área frontal se conocen los parámetros de abertura y altura de la boca de la red (registrados en lances de pesca). Se asume que el área de la boca de la red presenta un comportamiento geométrico asociado a una elipse de diámetro mayor  $D$  y diámetro menor  $d$  (Fig. 23).

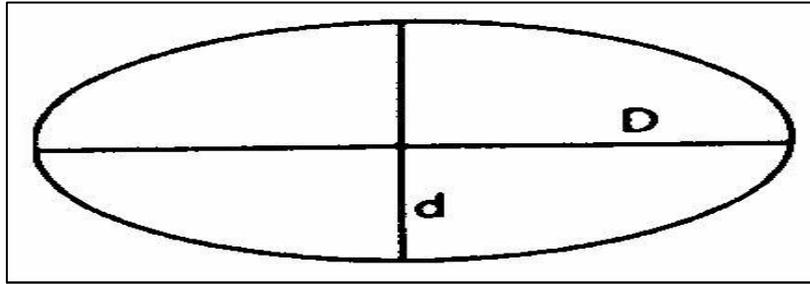


Figura 23. Elipse con diámetro mayor ( $D$ ) y diámetro menor ( $d$ )

Se tiene que el área de la elipse está dada por la siguiente fórmula.

$$A_{ELIPSE} = \frac{(\pi \times D \times d)}{4}$$

Mediante similitud de formas se puede establecer que el área frontal de la red de arrastre ( $A_m$ ), se representa como.

$$A_m = \frac{(\pi \times Ab \times Al)}{4}$$

Donde ( $Ab$ ) representa la abertura de la boca de la red y ( $Al$ ) representa la altura de la boca de la red de arrastre de media agua.

Con la metodología utilizada se estima la resistencia de las redes de arrastre según Reid (1977) y Swiniarski (1994), pero es necesario ajustar estos modelos para validar su comportamiento frente a registros obtenidos en la operación de pesca de la merluza de cola.

El ajuste de los modelos teóricos se lleva a cabo mediante el método de los mínimos cuadrados, que permite modificar las constantes del modelo sin cambiar su estructura, y para ello se utiliza la herramienta SOLVER que minimiza la sumatoria de los cuadrados del error y de esta manera entrega las nuevas constantes para los modelos.

## Métodos utilizados en la determinación de los modelos resistivos para las redes de arrastre de media agua.

Del análisis de los registros obtenidos en la operación de pesca con arrastre de media agua destinada a la captura de merluza de cola, fueron seleccionadas una serie de variables para llevar a efecto el análisis estadístico.

A partir de una muestra de  $n$  observaciones de las variables  $y, x_1, \dots, x_p$ , se trata de aproximar los valores de  $y$ , variable dependiente, mediante una función de las variables  $x_1, \dots, x_p$ , variables independientes, que exprese la asociación lineal entre  $y$  y  $x_1, \dots, x_p$ .

$$y = \beta_1 x_1 + \dots + \beta_p x_p + \beta_0 + \varepsilon$$

Donde:

$\beta_0, \dots, \beta_p$  son parámetros desconocidos a estimar, y  $\varepsilon$  es una variable error.

Para este trabajo, las variables seleccionadas en ambas redes son:

*RES\_RED* = Resistencia de la red de arrastre pelágica (kg)

*VEL\_ARR* = Velocidad de arrastre (nudos)

*A\_FRONT* = Área frontal de la red de arrastre pelágica (m<sup>2</sup>)

*REL\_ASP* = Relación de aspecto

*P\_ARRAS* = Profundidad de la red de arrastre (m)

*L\_CABLE* = Longitud de cables de cala (m)

Donde:

$$REL\_ASP = \frac{L\_CABLE}{P\_ARRAS}$$

Como se mencionó antes, lo que se trata de obtener es una función lineal de las variables independientes *VEL\_ARR*, *A\_FRONT*, *REL\_ASP*, *P\_ARRAS*, *L\_CABLE* que permita estimar la resistencia de la red de arrastre de media agua, *RES\_RED*.

Antes de proceder con la estimación del modelo de regresión, se analiza mediante el coeficiente de correlación de Pearson, el grado de asociación lineal entre las variables. Para determinar si la asociación es estadísticamente significativa, se plantea la hipótesis nula de que el coeficiente de correlación es igual a cero.

$$H_0: \rho = 0$$

El estadístico de contraste se construye a partir del coeficiente de correlación muestral,  $r$ , y del tamaño de la muestra,  $n$ . Si el p-valor asociado es menor que  $\alpha$ , se rechazará la hipótesis nula al nivel de significación  $\alpha$ .

p-valor = Probabilidad  $\alpha$ , fijada a priori, que el test rechace la hipótesis  $H_0$ .  
Para un test bilateral (Rechazo de valores muy alejados).

La correlación será significativa a un nivel de significancia (p-valor) igual a 0,05.

La matriz de correlaciones (anexo 5) permite analizar las variables y observar la relación entre la variable dependiente (*RES\_RED*) y cada una de las independientes dado que en todos los casos el tamaño muestral es igual, por tanto los valores de  $r$  son comparables.

De esta forma, mediante el software SPSS 11.5 para análisis estadístico, se procede a utilizar el modelo de regresión múltiple construyéndolo paso a paso (Método Stepwise), seleccionando en cada uno de estos pasos la variable que más información añade a la aportada por las variables previamente seleccionadas.

Este método presenta la ventaja de admitir que una variable seleccionada en un paso pueda ser eliminada en otro posterior. Para establecer si la información que aportará una nueva variable al ser seleccionada es significativa, así como para establecer si la información de una variable previamente seleccionada es redundante se fijan los siguientes criterios.

- Si el p-valor, o probabilidad de entrada es menor que un determinado valor crítico, la variable será seleccionada.
- Con la finalidad de que una variable no pueda entrar y salir de la ecuación en dos pasos consecutivos, el valor crítico de la probabilidad de salida debe ser mayor que el de la probabilidad de entrada.

- En este caso el valor crítico de la probabilidad de entrada será igual a 0,05 mientras que el de la probabilidad de salida será igual a 0,1.

Concretando, si el proceso comienza sin ninguna variable en la ecuación, el método Stepwise consiste en:

En el primer paso se introduce la variable más correlada con la dependiente, siempre que verifique el criterio de entrada. En caso contrario, el proceso finalizará sin que ninguna variable sea seleccionada y, en consecuencia, no tendrá sentido construir el modelo de regresión lineal a partir de la información de las variables independientes.

En el segundo paso se introduce la variable con mayor coeficiente de correlación parcial con la dependiente, respecto de la independiente introducida en el primer paso, siempre que verifique el criterio de entrada. En caso contrario, el proceso finalizará y el modelo de regresión lineal será un modelo simple construido a partir de la información de la variable independiente introducida en el primer paso.

En el tercer paso se introduce la variable con mayor correlación parcial con la dependiente, respecto de las independientes que se encuentran en la ecuación, siempre que verifique el criterio de entrada. Si al introducir una variable, alguna de las previamente incluidas verifica el criterio de salida, antes de proceder a la selección de una nueva variable, se eliminarán, paso a paso, las variables que verifiquen el criterio de salida.

En el paso siguiente, si ninguna variable en la ecuación verifica el criterio de salida, se vuelve al paso N° 3. Este tercer paso se repite hasta que ninguna variable fuera de la ecuación satisfaga el criterio de entrada y ninguna de las variables en la ecuación satisfaga el criterio de salida, o se alcance el máximo número de pasos.

En consecuencia, de los resultados que proporcione el método paso a paso (Stepwise), se definirán las variables que serán incluidas en la ecuación del modelo.

Por otra parte, se realiza un análisis estadístico, con el software de ajuste de curvas LAB Fit, con el propósito de evaluar y comparar los resultados obtenidos a través del método paso a paso con el programa de análisis estadístico SPSS 11.5.

## RESULTADOS

Caracterización de los artes de pesca de arrastre de media agua utilizados en pesca orientada a la captura de merluza de cola (*M. Magellanicus*).

**Arte de pesca con red de arrastre semipelágica Swan-Net de 616 m de perímetro.**

- Red de arrastre de media agua

La red utilizada en el estudio, corresponde a una red de media agua de cuatro paneles de la empresa Swan-Net (Fig. 24). Esta red esta armada por la unión de nueve cuerpos (desde las alas hasta el último cuerpo antes de empezar con el túnel) más el túnel y copo (anexo 6). Esta red tiene una longitud total de 351 m. Los materiales empleados en su construcción son cabos y paños de PA (torcidos y trenzados tipo braided). El área sólida de la red corresponde a 718 m<sup>2</sup>, y fue calculada a través del plano de construcción. Para los primeros cuatro cuerpos se utilizan cabos con tamaños de malla que oscilan entre 25.600 mm a 3.200 mm. Del cuerpo 5 al 9 los materiales de construcción son paños de poliamida, con tamaños de mallas desde los 1600 mm a 100 mm. Finalmente el túnel y copo esta armado con paños de PA con un tamaño de malla de 100 mm.

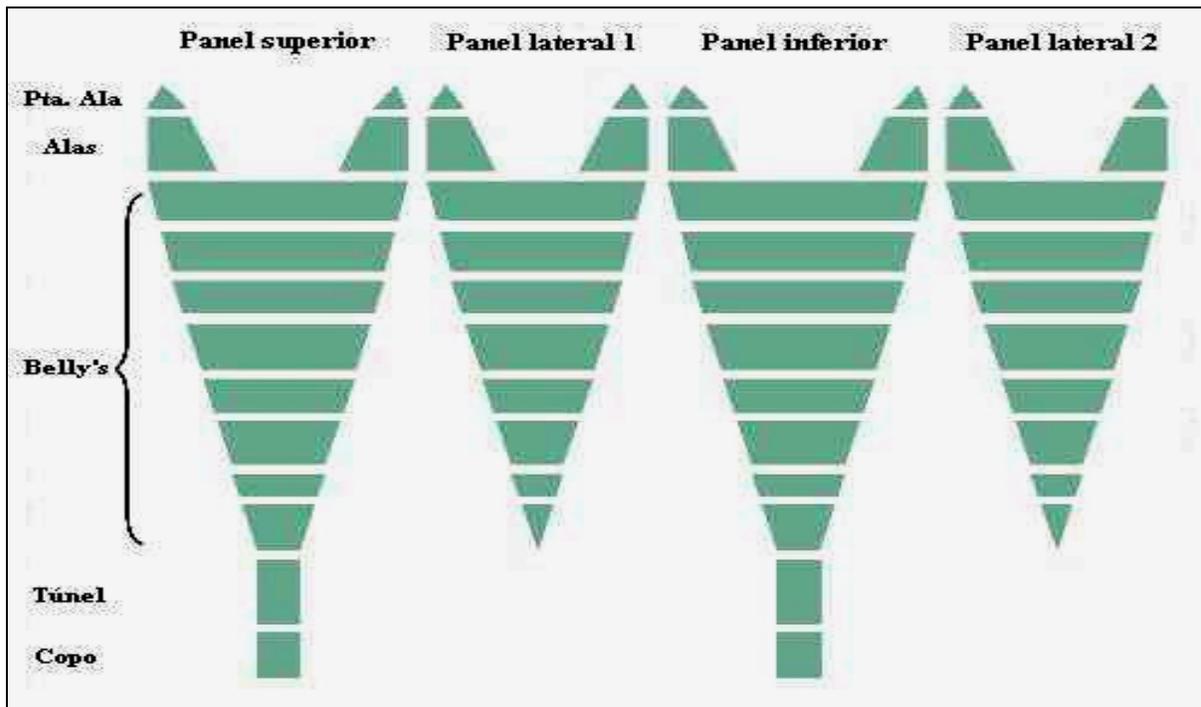


Figura 24. Red de arrastre de media agua de 4 paneles.

- Portalones

Los portalones utilizados en este arte, corresponden al modelo Skibssmedie tipo 8 fabricados por Thyboron (Dinamarca). Estos portalones poseen soportes ajustables que permiten añadir estabilidad durante la operación de pesca, del mismo modo es posible variar el ángulo de ataque, esto hace que los portalones tipo 8, sean muy adecuados tanto para la pesca cercana a la superficie así como en profundidad.

Estos portalones son rectangulares, planos en el sentido vertical y curvos en el sentido horizontal, tienen un área de  $10,5 \text{ m}^2$  y un peso de  $1.969 \text{ kg}$  cada uno (Fig. 25). En cuanto a las dimensiones geométricas del portalon, se muestran valores de  $4 \text{ m}$  de longitud y  $2,6 \text{ m}$  de ancho. Estos portalones presentan un ángulo de ataque igual a  $37^\circ$  y un coeficiente resistivo igual a  $0,96$  (Fig. 26).



Figura 25. Portalones Skibssmedie tipo 8 (Thyboron).

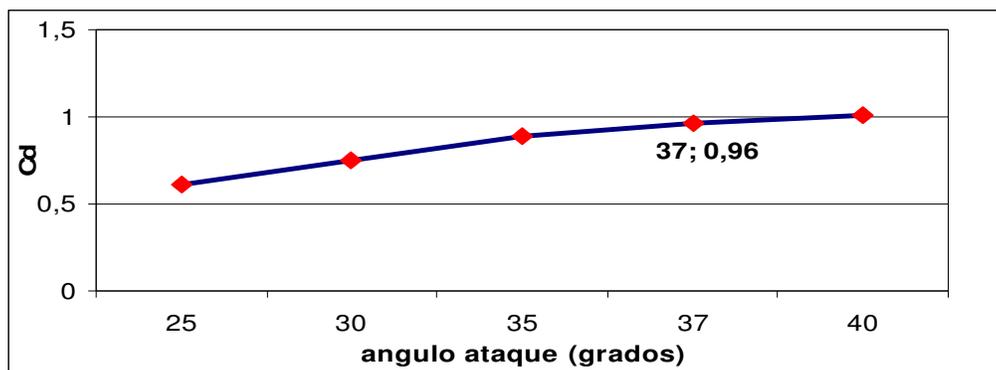


Figura 26. Ángulo de ataque y coeficiente resistivo del portalon de arrastre.

- Cables

Los cables de cala utilizados tienen diámetro igual a 26 mm y la longitud del cable de cala es variable, dependiendo de la profundidad de arrastre. Estos cables tienen una resistencia a la ruptura equivalente a 40,7 ton.

Con relación a la maniobra utilizada por la embarcación, se tienen las malletas que son cables de acero de 26 mm de diámetro, con una longitud de 150 m. Las patas de gallo, que también son cables de acero, representan la componente que se une al portalón y tienen un diámetro igual a 19 mm y una longitud de 13 m. El volante que es la componente que conecta el cable de cala a los tirantes unidos a las malletas tiene un diámetro igual a 26 mm y una longitud de 17 m (Fig. 27).

Con respecto a los accesorios utilizados en la maniobra de arrastre se cuenta con cadenas, ganchos de seguridad EVG, destorcedores, grilletes de unión, giratorios, guardacabos y anillas.

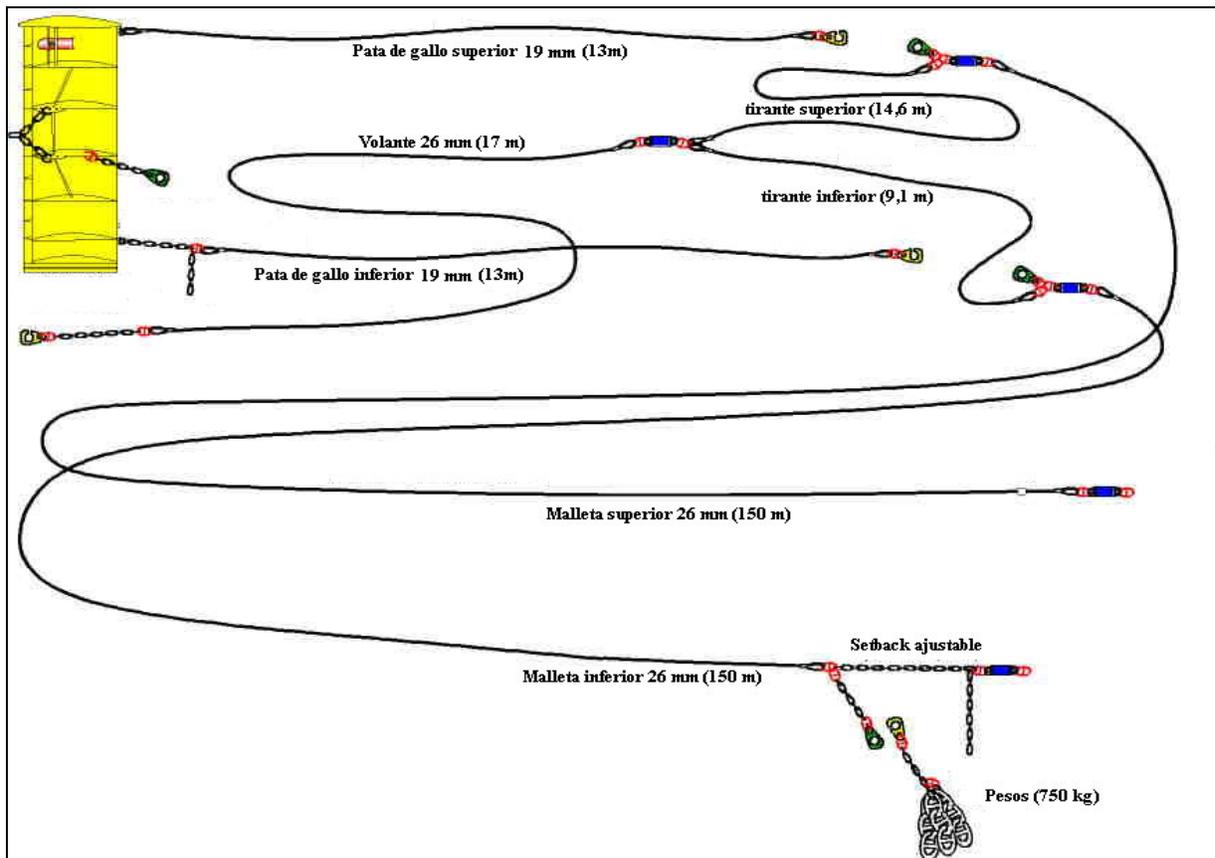


Figura 27. Esquema de la maniobra empleada por la embarcación (Amarinamiento).

- Borlón y pesos para regular abertura vertical

Las cadenas empleadas en el borlón considera las cadenas tensoras de 9 mm de diámetro y 71 mm de longitud de eslabón, y la cadena de relinga con 16 mm de diámetro y 97 mm de longitud de eslabón.

Los pesos para regular la abertura vertical, son aglomerados de cadena de ancla cuya forma se asume como un cilindro sólido de longitud igual a 1,5 m y diámetro igual a 0,5 m. El peso seco de este aglomerado es de 400 kg por cada banda.

- Operación del arte de pesca

El buque pesquero de alta mar (PAM) se destaca generalmente por arrastrar el arte a una velocidad comprendida entre los 4 y 4,5 nudos (aprox. 50%) en un rango que oscila entre los 3,1 a 5,1 nudos (Fig. 28).

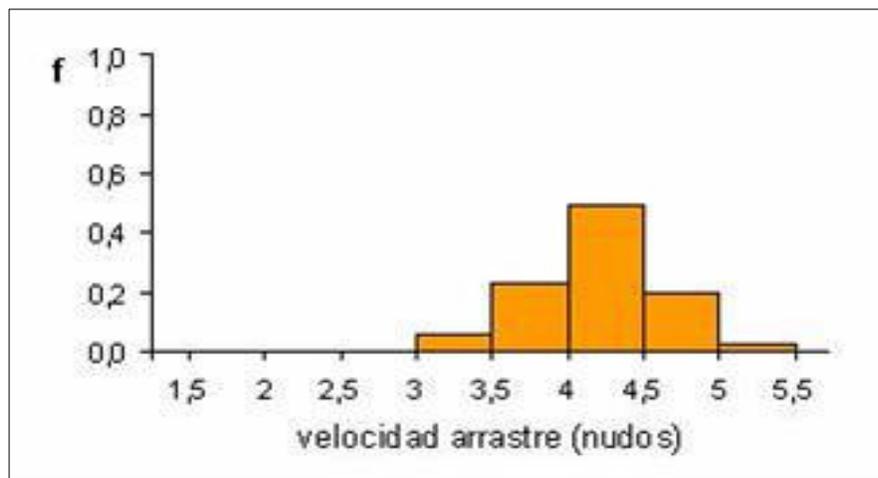


Figura 28. Frecuencia de velocidad de arrastre (Swan-Net 616).

Funcionalmente, la red obtiene una altura y una abertura promedio de la boca de 56 m y 77 m, con una desviación estándar de 5,05 y 5,02 respectivamente.

La operación de la red de media agua para esta embarcación se efectuó principalmente en la parte superior de la columna de agua, la profundidad media de la red en todos los lances de pesca fue de 119 m. La red trabajó a un rango de profundidad entre los 103 y 157 m, a una profundidad del fondo desde 660 a 4.500 m (Figura 29).

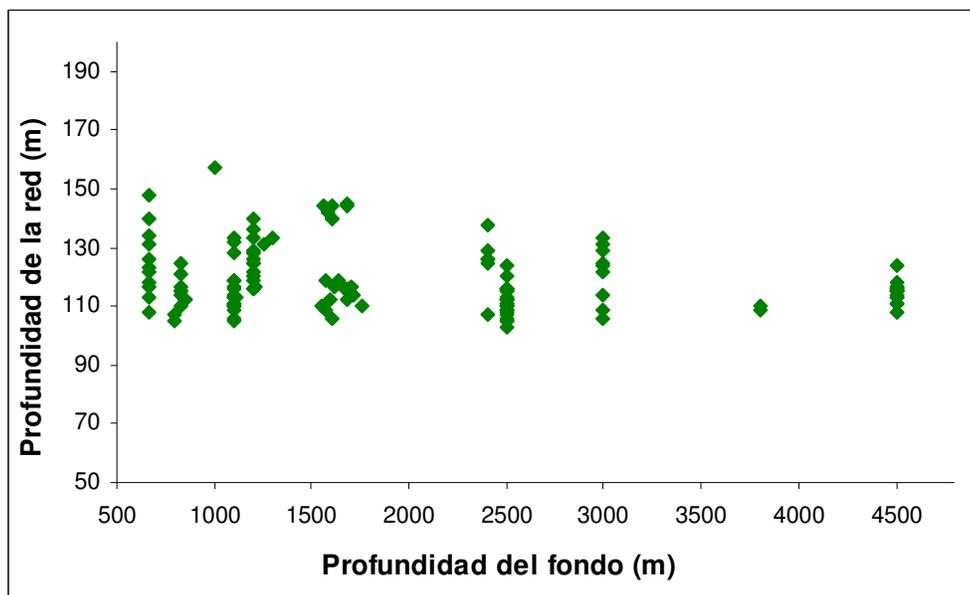


Figura 29. Relación entre la profundidad de la red y el fondo por lance de pesca (Swan-net 616).

De los valores obtenidos en los lances analizados se puede señalar que la relación cable/profundidad de arrastre, fluctuó entre 1,75 y 3,8 con un promedio de 2,71 (Fig. 30).

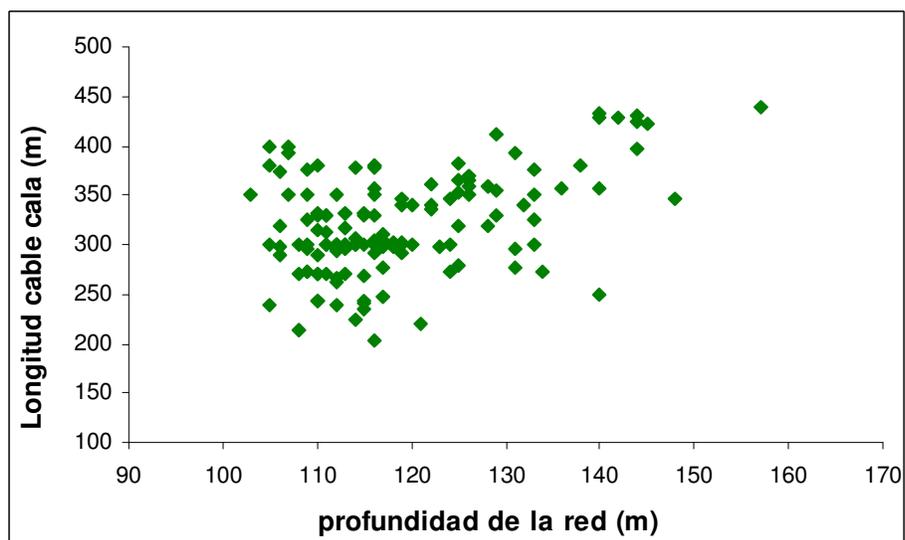


Figura 30. Relación entre la longitud del cable de cala y la profundidad de la red (Swan-net 616).

## **Arte de pesca con red de arrastre semipelágica Swan-Net de 876 m de perímetro**

- Red de arrastre de media agua

La red utilizada en el estudio, corresponde a una red de media agua de cuatro paneles de la empresa Swan-Net. Esta red esta armada por la unión de once cuerpos (desde las alas hasta el último cuerpo antes de empezar con el túnel) más el túnel y copo (anexo 7). Esta red tiene una longitud total de 474 m. Los materiales empleados en su construcción son cabos y paños de PA (torcidos y trenzados tipo braided). El área sólida de la red corresponde a 1.222 m<sup>2</sup>, y fue calculada a través del plano de construcción. Para los primeros cuatro cuerpos se utilizan cabos con tamaños de malla que oscilan entre 38.400 mm a 4.800 mm. Del cuerpo 5 al 11 los materiales de construcción son paños de poliamida, con tamaños de mallas desde los 3.200 mm a 80 mm. Finalmente el túnel y copo esta armado con paños de PA con un tamaño de malla de 100 mm.

- Portalones

Los portalones utilizados en este arte, corresponden al mismo modelo utilizado por el arte de pesca con red Swan-Net de 616 m de perímetro, sin embargo existe una diferencia en cuanto al peso, dimensiones y área del portalón.

Estos portalones son rectangulares, planos en el sentido vertical y curvo en el sentido horizontal, tienen un área de 11,5 m<sup>2</sup> y un peso de 2.178 kg cada uno. En cuanto a las dimensiones geométricas del portalón, se muestran valores de 4,15 m de longitud y 3 m de ancho. Estos portalones presentan un ángulo de ataque igual a 37° y un coeficiente resistivo igual a 0,96.

- Cables

Los cables de cala utilizados tienen diámetro igual a 26 mm y la longitud del cable de cala es variable, dependiendo de la profundidad de arrastre. Estos cables tienen una resistencia a la ruptura equivalente a 40,7 ton.

Con relación a la maniobra utilizada por la embarcación, se utiliza la misma maniobra que fue empleada para la red Swan-Net 616, por lo tanto, se tienen malletas de 26 mm de diámetro, con una longitud de 150 m. Las patas de gallo tienen un diámetro igual a 19 mm y una longitud de 13 m. El volante tiene un diámetro de 26 mm y una longitud de 17 m.

Con respecto a los accesorios utilizados en la maniobra de arrastre se cuenta con cadenas, ganchos de seguridad EVG, destorcedores, grilletes de unión, giratorios, guardacabos y anillas.

- Borlón y pesos para regular abertura vertical

Las cadenas empleadas en el borlón considera las cadenas tensoras de 9 mm de diámetro y 71 mm de longitud de eslabón, y la cadena de relinga con 16 mm de diámetro y 97 mm de longitud de eslabón.

Los pesos para regular la abertura vertical, son aglomerados de cadena de ancla cuya forma se asume como un cilindro sólido de longitud igual a 2,0 m y diámetro igual a 0,5 m. El peso seco de este aglomerado es de 750 kg por cada banda.

- Operación del arte de pesca

El PAM Ventisquero se destaca generalmente por arrastrar el arte a una velocidad comprendida entre los 3,0 y 4,0 nudos (aprox. 70%) en un rango que oscila entre los 2,0 a 5,2 nudos (Fig. 31).

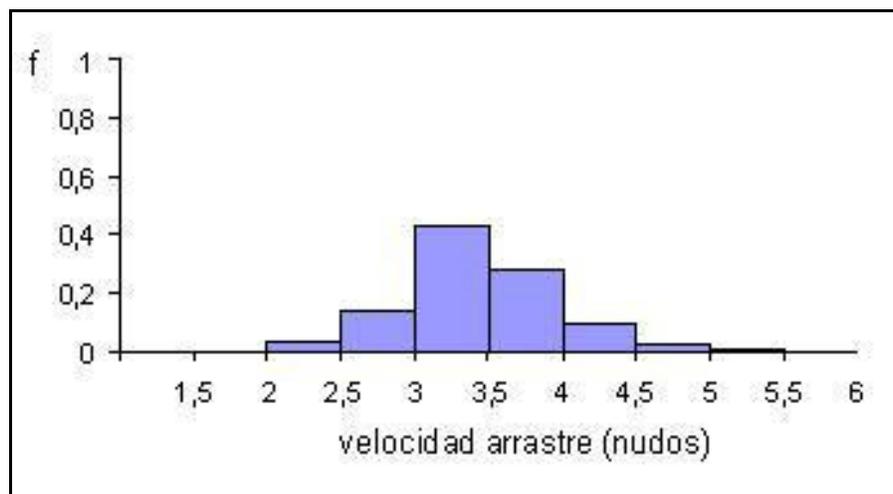


Figura 31. Frecuencia de velocidad de arrastre (Swan-net 876).

Funcionalmente, la red obtiene una altura y una abertura promedio de la boca de 59 m y 104 m, con una desviación estándar de 6,24 y 4,46 respectivamente.

La operación de la red de media agua para esta embarcación se efectuó principalmente en la parte media de la columna de agua, la profundidad media de la red en todos los lances de pesca fue de 330 m. La red trabajó a un rango de profundidad entre los 205 y 427 m, a una profundidad del fondo desde 310 a 772 m (Figura 32).

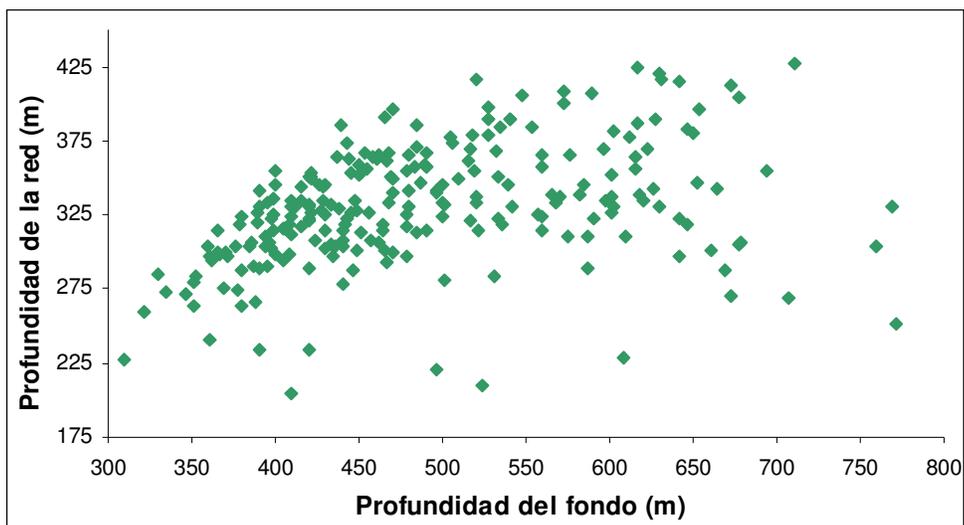


Figura 32. Relación entre la profundidad de la red y el fondo, por lance de pesca (Swan-net 876).

De la operación se puede apreciar que la relación cable/profundidad de arrastre, fluctuó entre 3,58 y 6,29 con un promedio de 4,76 (Fig. 33).

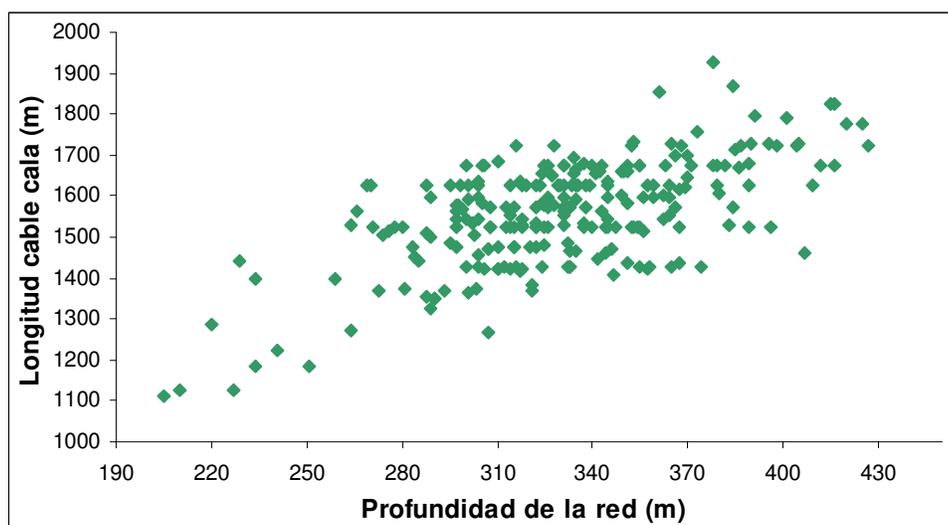


Figura 33. Relación entre la longitud del cable de cala y la profundidad de la red (Swan-net 876).

## **Estimación de la resistencia que ejercen los componentes intermedios, dentro del sistema de arrastre semipelágico.**

### **Arte de pesca con red de arrastre semipelágica Swan-Net de 616 m de perímetro.**

- Resistencia del cable de cala

Con respecto al coeficiente resistivo del cable de cala y al ángulo de inclinación del mismo, se estimaron valores promedio de 1,34 y 22,17° respectivamente.

La resistencia estimada del cable de cala entregó un valor promedio igual a 1.978 kg y fluctuó entre 895 y 3.726 kg para el rango de velocidad evaluado (Fig. 34). La resistencia del cable de cala representó un 7,8% (Tabla 13) de la resistencia total del arte de pesca.

- Resistencia de los portalones

Del cálculo realizado, se tiene que la resistencia de los portalones fluctuó entre 2.681 y 7.256 kg con un valor promedio igual a 4.792 kg (Fig. 34). En promedio, la resistencia de los portalones representó un 18,41% (Tabla 13) de la resistencia total del arte de pesca.

- Resistencia de las malletas

De los cálculos obtenidos, se tiene que la resistencia de estos cables fluctuó entre 659 y 1.626 kg con un valor promedio igual a 1.117 kg (Fig. 34). En promedio, la resistencia de las malletas representó un 4,31% (Tabla 13) de la resistencia total del arte de pesca.

- Resistencia del borlón y de los pesos que regulan la abertura vertical

La resistencia del borlón (cadena tensora y cadena de relinga) fluctuó entre 352 y 954 kg con un valor promedio de 630 kg (Fig. 34). En promedio, la resistencia del borlón representó un 2,42% (Tabla 13) de la resistencia total del arte de pesca.

La resistencia de estos pesos fluctuó entre 140 y 378 kg con un valor promedio de 250 kg (Fig. 34). En promedio, la resistencia de estos pesos representó un 0,96% (Tabla 13) de la resistencia total del arte de pesca.

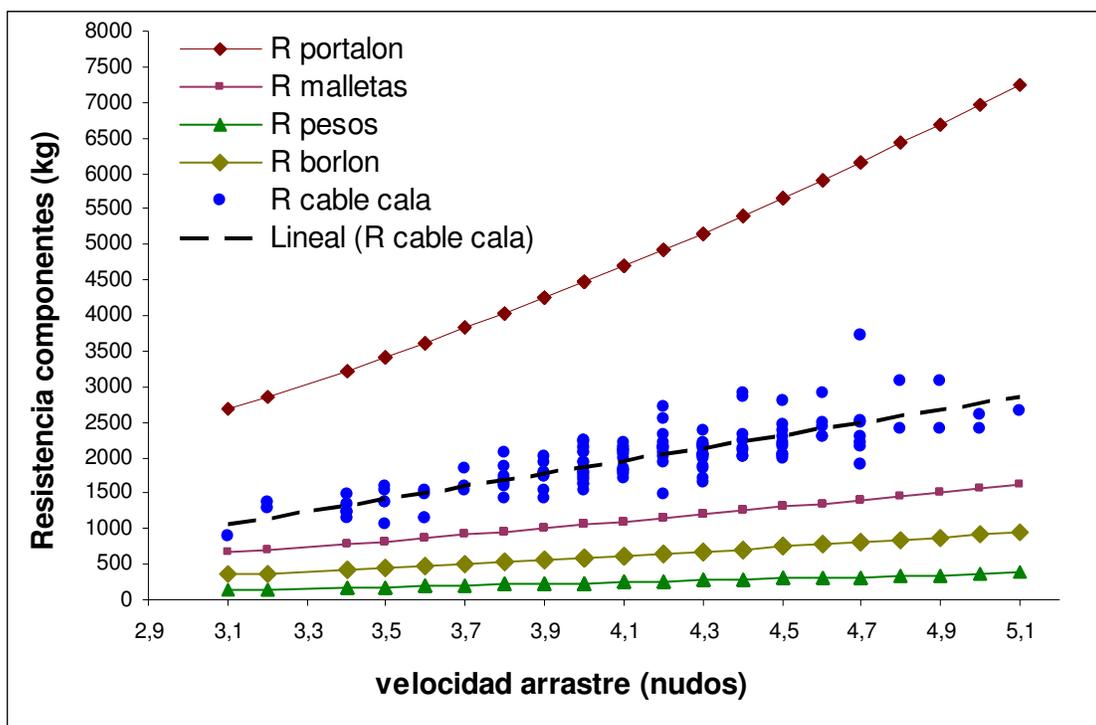


Figura 34. Resistencia de los componentes intermedios en función de la velocidad de arrastre (Swan-net 616).

Tabla 13. Resistencia promedio de componentes intermedios y porcentaje de contribución a la resistencia total del arte de arrastre de media agua (Swan-net 616).

ITEMS	RESISTENCIA (kg)	% DE CONTRIBUCIÓN
CABLE DE CALA	1.978	7,8
PORTALONES	4.792	18,41
MALLETAS	1.117	4,31
BORLÓN	630	2,42
PESOS	250	0,96

## **Arte de pesca con red de arrastre semipelágica Swan-Net de 876 m de perímetro.**

- Resistencia del cable de cala

Con respecto al coeficiente resistivo del cable de cala y al ángulo de inclinación del mismo, se estimaron valores promedio de 1,002 y 12,25° respectivamente.

La resistencia estimada del cable de cala entregó un valor promedio igual a 2.759 kg y fluctuó entre 931 y 6.529 kg para el rango de velocidad evaluado (Fig. 35). La resistencia del cable de cala representó un 13,5% (Tabla 14) de la resistencia total del arte de pesca.

- Resistencia de los portalones

Del cálculo realizado, se tiene que la resistencia de los portalones fluctuó entre 1.223 y 8.262 kg con un valor promedio igual a 3.542 kg (Fig. 35). En promedio, la resistencia de los portalones representó un 20,16% (Tabla 14) de la resistencia total del arte de pesca.

- Resistencia de las malletas

De los cálculos obtenidos, se tiene que la resistencia de estos cables fluctuó entre 338 y 1.975 kg con un valor promedio igual a 916 kg (Fig. 35). En promedio, la resistencia de las malletas representó un 4,42% (Tabla 14) de la resistencia total del arte de pesca.

- Resistencia del borlón y de los pesos que regulan la abertura vertical

La resistencia del borlón (cadena tensora y cadena de relinga) fluctuó entre 242 y 1.634 kg con un valor promedio de 767 kg (Fig. 35). En promedio, la resistencia del borlón representó un 3,39% (Tabla 14) de la resistencia total del arte de pesca.

La resistencia de estos pesos fluctuó entre 75 y 509 kg con un valor promedio de 239 kg (Fig. 35). En promedio, la resistencia de estos pesos representó un 1,06% (Tabla 14) de la resistencia total del arte de pesca.

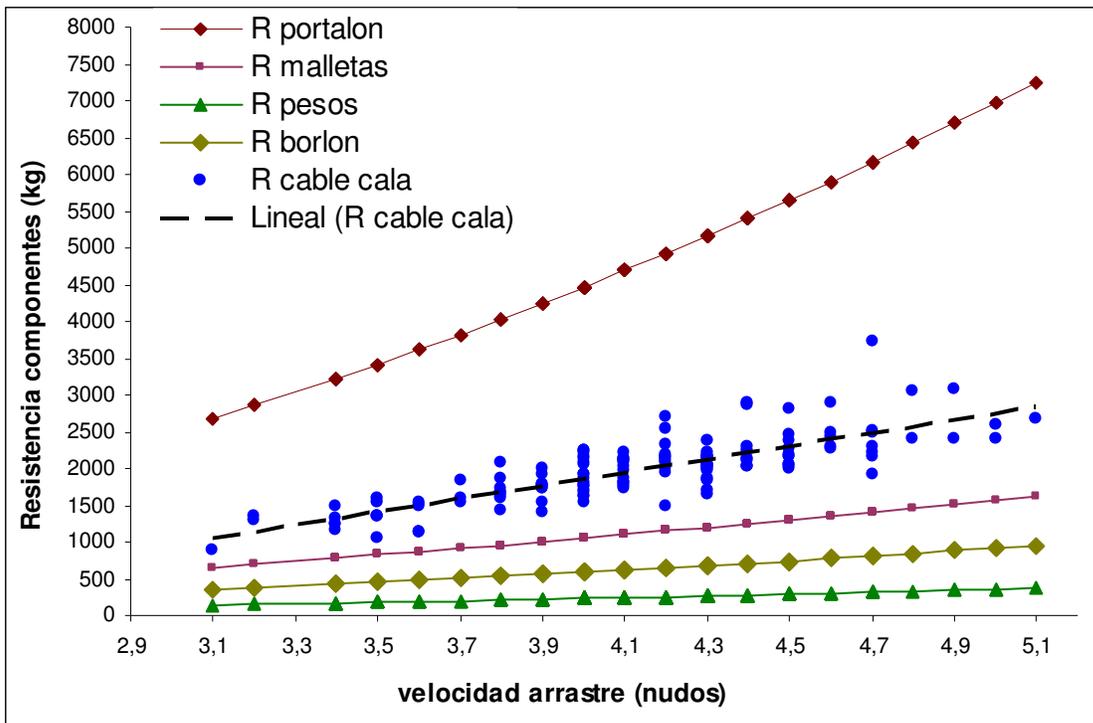


Figura 35. Resistencia de los componentes intermedios en función de la velocidad de arrastre (Swan-net 876).

Tabla 14. Resistencia promedio de componentes intermedios y porcentaje de contribución a la resistencia total del arte de arrastre de media agua (Swan-net 876).

ITEMS	RESISTENCIA (kg)	% DE CONTRIBUCIÓN
CABLE DE CALA	2.759	13,5
PORTALONES	3.542	20,16
MALLETAS	916	4,42
BORLÓN	767	3,39
PESOS	239	1,06

## Determinación de la resistencia de las redes de arrastre semipelágicas

### Red semipelágica Swan-Net de 616 m de perímetro

Producto del análisis de los registros observados, para el cálculo estimativo de la resistencia de la red de arrastre de media agua en función de la velocidad de arrastre, se observaron los siguientes resultados (Fig. 36). Del mismo modo, se obtuvieron resultados para los modelos resistivos de Reid (1977) y Swiniarski (1994) determinando las variables que incorporan en sus respectivos modelamientos (Fig. 36).

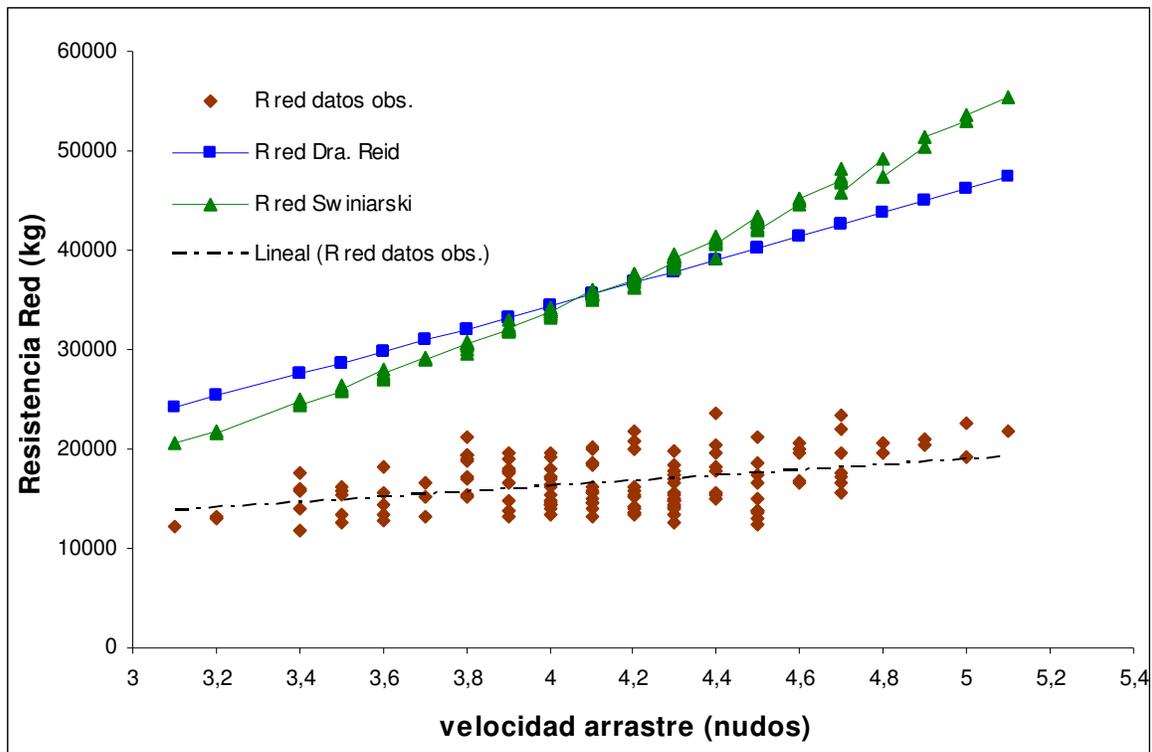


Figura 36. Resistencia de la red de arrastre semipelágica Swan-Net 616 según datos observados v/s modelos evaluados.

El ajuste de los modelos teóricos de Reid (1977) y Swiniarski (1994) entregó nuevas constantes que reemplazan a las utilizadas por estos autores en sus respectivas formulaciones matemáticas, y con ello permite validar dichas metodologías para ser empleadas en el análisis resistivo de la red de arrastre.

Mediante la minimización de la sumatoria de los cuadrados del error, como método de aproximación, se obtuvieron las nuevas constantes, las cuales se muestran en la tabla 15.

Tabla 15. Constantes de los modelos originales, y constantes para los modelos ajustados (Red semipelágica Swan-net 616).

Modelos evaluados	Constantes originales	Constantes estimadas
<b>REID (1977)</b>	$C_1 = 54,72$ $C_2 = 115,2$	$C_1 = 226,55$ $C_2 = -260,34$
<b>SWINIARSKI (1994)</b>	$C_1 = 0,00637$ $C_2 = 0,2418$	$C_1 = 0,00854$ $C_2 = 0,1090$

Una vez, ajustados los modelos evaluados (Fig. 37), el comportamiento resistivo de la red presenta un cambio en comparación al modelo original observado en la figura 36.

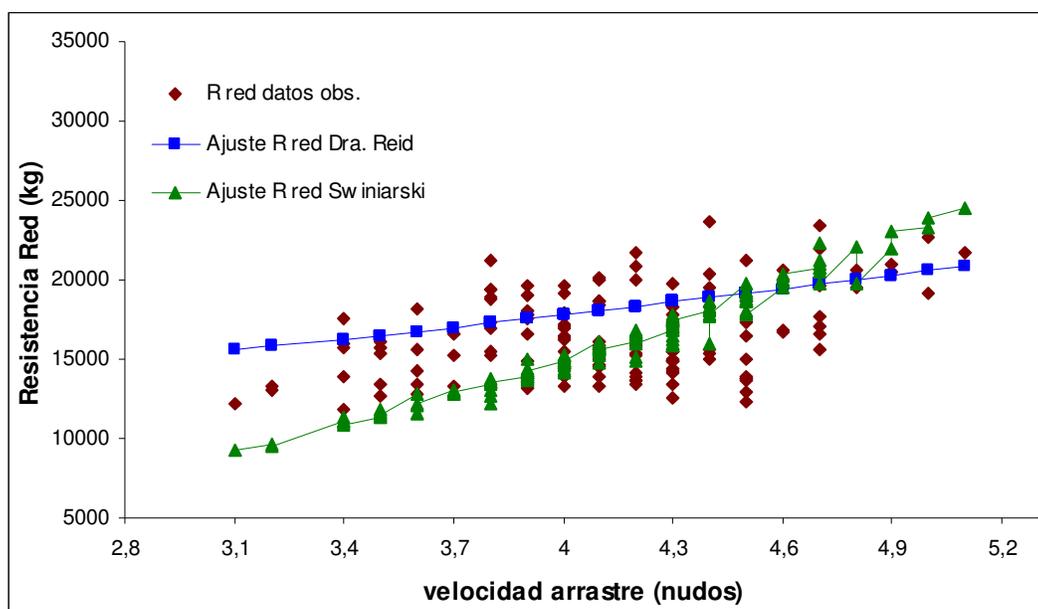


Figura 37. Ajuste de los modelos teóricos con respecto a los registros observados (Swan-net 616).

El coeficiente de correlación lineal determinado, para el análisis comparativo de la resistencia de la red estimada, de acuerdo a los registros observados y según el modelo de Reid (1977) fue igual a 0,408 y el coeficiente de determinación fue de 0,638.

Así también, al comparar la resistencia estimada entre el resultado que entrega el análisis de los registros observados y los resultados según Swiniarski (1994), se obtuvo un coeficiente de correlación lineal igual a 0,345 y un coeficiente de determinación de 0,587.

## Red semipelágica Swan-Net de 876 m de perímetro

Producto del análisis de los registros observados, para el cálculo estimativo de la resistencia de la red de arrastre de media agua en función de la velocidad de arrastre, se observaron los siguientes resultados (Fig. 38). Del mismo modo, se obtuvieron resultados para los modelos resistivos de Reid (1977) y Swiniarski (1994) determinando las variables que incorporan en sus respectivos modelamientos (Fig. 38).

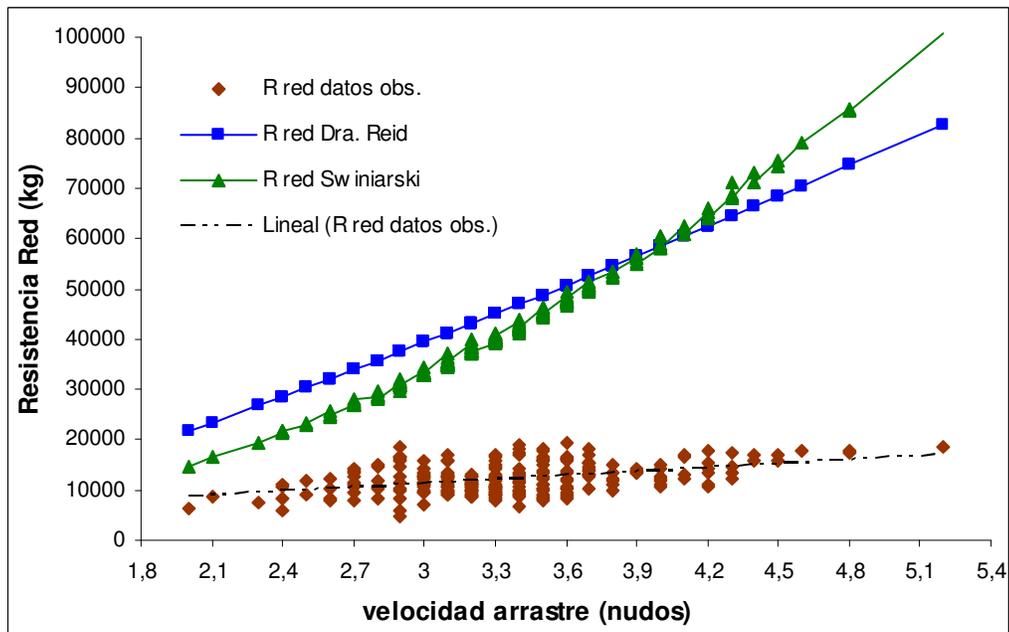


Figura 38. Resistencia de la red de arrastre semipelágica Swan-Net 876 según datos observados v/s modelos evaluados.

El ajuste de los modelos de Reid (1977) y Swiniarski (1994) entregó nuevas constantes que reemplazan a las utilizadas por estos autores en sus respectivas formulaciones matemáticas, y con ello permite validar dichas metodologías para ser empleadas en el análisis resistivo de la red de arrastre.

Mediante la minimización de la sumatoria de los cuadrados del error, como método de aproximación, se obtuvieron las nuevas constantes, las cuales se muestran en la tabla 16.

Tabla 16. Constantes de los modelos originales, y constantes para los modelos ajustados (Red semipelágica Swan-net 876).

Modelos evaluados	Constantes originales	Constantes estimadas
<b>REID (1977)</b>	$C_1 = 54,72$ $C_2 = 115,2$	$C_1 = 427,516$ $C_2 = -432,931$
<b>SWINIARSKI (1994)</b>	$C_1 = 0,00637$ $C_2 = 0,2418$	$C_1 = -0,00074$ $C_2 = 0,1058$

Una vez, ajustados los modelos evaluados (Fig. 39), el comportamiento resistivo de la red presenta un cambio en comparación al modelo original observado en la figura 38.

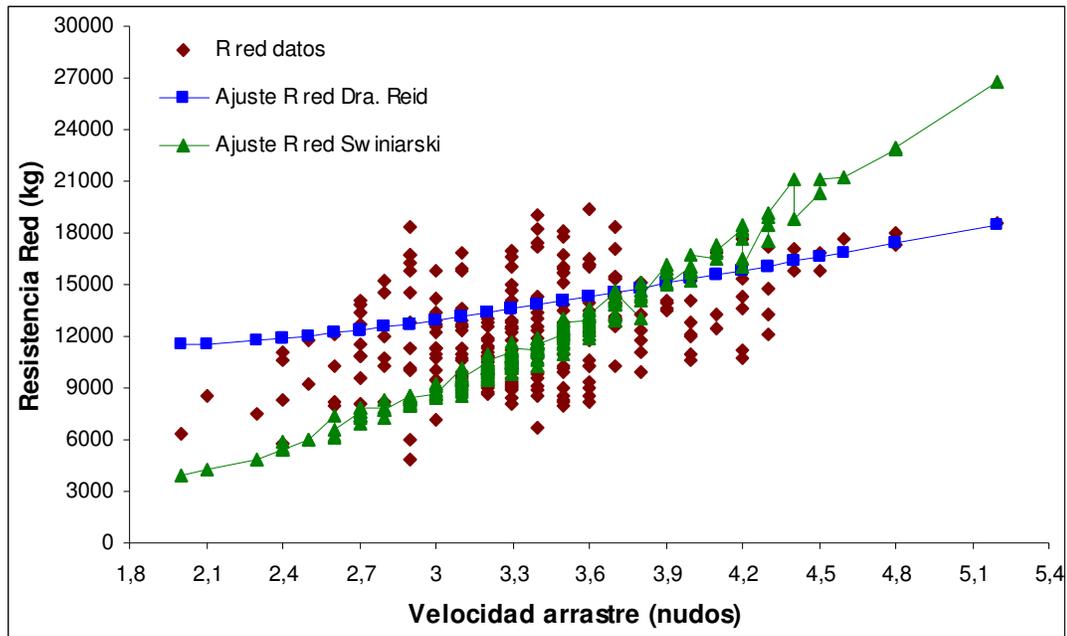


Figura 39. Ajuste de los modelos teóricos con respecto a los registros observados (Swan-net 876).

El coeficiente de correlación lineal determinado, para el análisis comparativo de la resistencia de la red estimada, de acuerdo a los registros observados y según el modelo de Reid (1977) fue igual a 0,440 y el coeficiente de determinación fue de 0,663.

Así también, al comparar la resistencia estimada entre el resultado que entrega el análisis de los registros observados y los resultados según Swiniarski (1994), se obtuvo un coeficiente de correlación lineal igual a 0,459 y un coeficiente de determinación de 0,677.

## Modelos resistivos para las redes de arrastre semipelágicas, obtenidos mediante el software de análisis estadístico SPSS.

### Red semipelágica Swan-Net de 616 m de perímetro

De acuerdo al análisis realizado mediante el software de análisis estadístico SPSS para Windows, se tiene que el modelo de regresión múltiple realizado a través del método paso a paso, consideró las variables *VEL\_NUD* (Velocidad de arrastre medida en nudos) y *A\_FRONT* (Área frontal de la boca de la red en m<sup>2</sup>), como las únicas variables para ser incluidas en la ecuación del modelo (anexo 8).

En resumen, el modelo resistivo para la red Swan-Net 616 considerando las variables *VEL\_NUD* y *A\_FRONT* presenta un coeficiente de correlación muestral igual a 0,479 y un coeficiente de determinación igual a 0,692.

De acuerdo a la tabla de coeficientes entregada por el programa estadístico de cálculo, se tiene que los parámetros de la ecuación son los siguientes:

$$\beta_0 = 15.681,512$$

$$\beta_1 = 2.437,981$$

$$\beta_2 = -2,751$$

Donde  $\beta_0$  es constante,  $\beta_1$  es el parámetro relacionado a la variable *VEL\_NUD* (Velocidad de arrastre) y  $\beta_2$  corresponde al parámetro asociado a la variable *A\_FRONT* (Área frontal de la boca de la red). Las variables *REL\_ASP*, *P\_ARRAS* y *L\_CABLE* fueron excluidas del modelo al no cumplir con la totalidad de los criterios preestablecidos. El error estándar de la estimación ( $\sigma$ ) correspondió a 2.344,13 kg.

La ecuación de Resistencia de la red de arrastre, para el modelo Swan-Net 616 es la siguiente:

$$R_{RED\ SW-616} = 2.437,981 \times VEL\_NUD + (-2,751 \times A\_FRONT) + 15.681,512 \pm 2.344,13$$

En el siguiente esquema (Fig. 40), se puede observar el comportamiento de la curva ajustada para el modelo resistivo obtenido, en comparación, con la resistencia de la red estimada a través de la información recogida durante la operación de pesca y con la información resistiva de los componentes intermedios del arte de pesca.

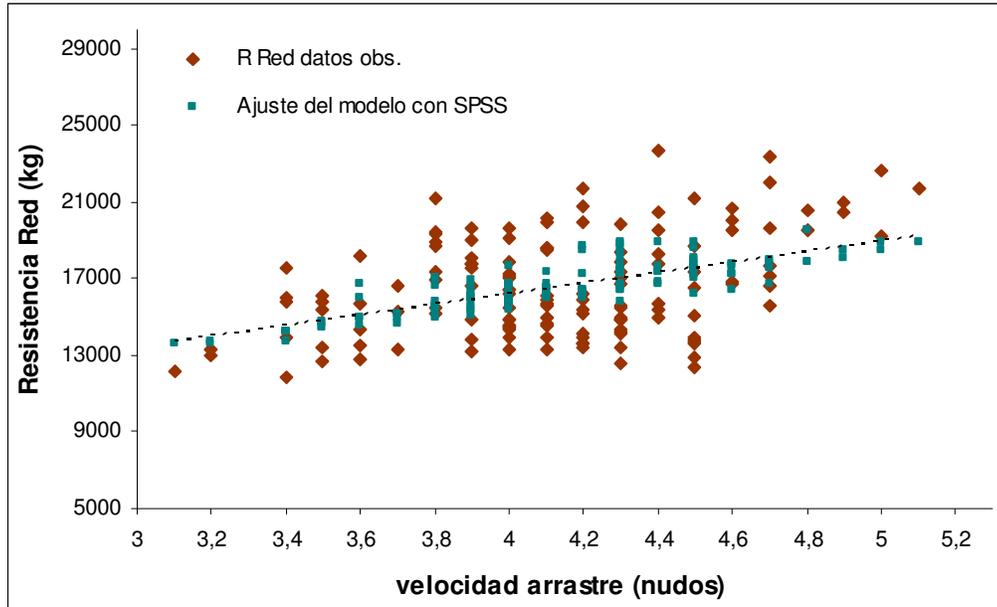


Figura 40. Ajuste de la curva de resistencia de la red de arrastre Swan-Net 616.

### Red semipelágica Swan-Net de 876 m de perímetro

De acuerdo al análisis realizado mediante el software de análisis estadístico SPSS para Windows, se tiene que el modelo de regresión múltiple realizado a través del método paso a paso, consideró las variables *VEL\_NUD* (Velocidad de arrastre medida en nudos) y *A\_FRONT* (Área frontal de la boca de la red en  $m^2$ ), como las únicas variables para ser incluidas en la ecuación del modelo (anexo 9).

En resumen, el modelo resistivo para la red Swan-Net 876 considerando las variables *VEL\_NUD* y *A\_FRONT* presenta un coeficiente de correlación muestral igual a 0,525 y un coeficiente de determinación igual a 0,724. De acuerdo a la tabla de coeficientes entregada por el programa estadístico de cálculo, se tiene que los parámetros de la ecuación son los siguientes:

$$\beta_0 = 11.070,80$$

$$\beta_1 = 2.364,84$$

$$\beta_2 = -1,393$$

Donde  $\beta_0$  es constante,  $\beta_1$  es el parámetro relacionado a la variable  $VEL\_NUD$  (Velocidad de arrastre) y  $\beta_2$  corresponde al parámetro asociado a la variable  $A\_FRONT$  (Área frontal de la boca de la red). Las variables  $REL\_ASP$ ,  $P\_ARRAS$  y  $L\_CABLE$  fueron excluidas del modelo al no cumplir con la totalidad de los criterios preestablecidos. El error estándar de la estimación ( $\square$ ) correspondió a 2.515,66 kg.

La ecuación de Resistencia de la red, para el modelo Swan-Net 876 es la siguiente:

$$R_{RED\ SW-876} = 2.364,84 \times VEL\_NUD + (-1,393 \times A\_FRONT) + 11.070,8 \pm 2.515,66$$

En el siguiente esquema (Fig. 41), se puede observar el comportamiento de la curva ajustada para el modelo resistivo obtenido, en comparación, con la resistencia de la red estimada a través de la información recogida durante la operación de pesca y con la información resistiva de los componentes intermedios del arte de pesca.

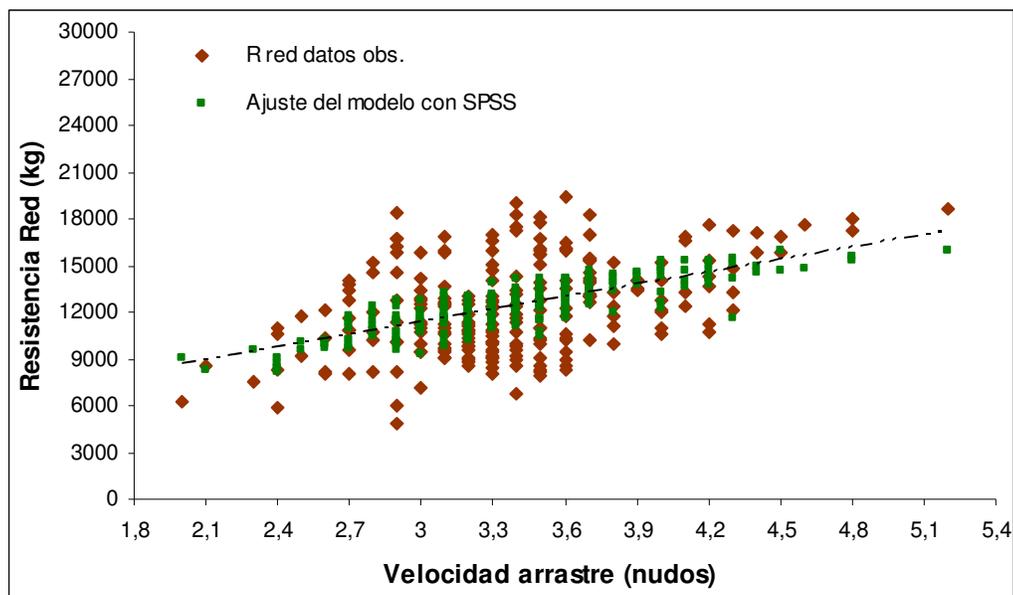


Figura 41. Ajuste de la curva de resistencia de la red de arrastre Swan-Net 876.

## Modelos resistivos para las redes de arrastre semipelágicas obtenidos mediante el software de ajuste de curvas LabFIT.

### Red semipelágica Swan-Net de 616 m de perímetro

Mediante la utilización del software de análisis estadístico LabFIT, se obtuvo la siguiente formulación matemática que permite estimar la resistencia de la red de arrastre.

$$R_{RED} = \frac{(A + X_2)}{(B + C \times [X_1]^2)} \pm \varepsilon$$

Donde:

$$A = -9.378,6$$

$$B = -0,48835$$

$$C = 0,0070944$$

$$X_1 = \text{Variable asociada a la velocidad de arrastre (VEL\_NUD)}$$

$$X_2 = \text{Variable asociada al área frontal (A\_FRONT)}$$

$$\varepsilon = \text{Error estándar de la estimación}$$

De esta forma, la ecuación de resistencia para la red Swan-net 616, utilizando LabFIT, es la siguiente:

$$R_{RED\ SW-616} = \frac{(-9378,6 + A\_FRONT)}{(-0,48835 + 0,0070944 \times [VEL\_NUD]^2)} \pm 2420,55$$

Del ajuste obtenido según LabFIT (anexo 10), se obtuvo un coeficiente de correlación muestral igual a 0,446 y un coeficiente de determinación igual a 0,668

## Red semipelágica Swan-Net de 876 m de perímetro

Mediante la utilización del software de análisis estadístico LabFIT, se obtuvo la siguiente formulación matemática que permite estimar la resistencia de la red de arrastre.

$$R_{RED} = \frac{1}{\left( A + B \times X_1 + \frac{C}{X_2} \right)} \pm \varepsilon$$

Donde:

$$A = 0,0001792$$

$$B = -0,00001532$$

$$C = -0,2144$$

$$X_1 = \text{Variable asociada a la velocidad de arrastre (VEL\_NUD)}$$

$$X_2 = \text{Variable asociada al área frontal (A\_FRONT)}$$

$$\varepsilon = \text{Error estándar de la estimación}$$

De esta forma, la ecuación de resistencia para la red Swan-net 876, utilizando LabFIT, es la siguiente:

$$R_{RED\ SW-876} = \frac{1}{\left( 0,0001792 - 0,00001532 \times \text{VEL\_NUD} - \frac{0,2144}{\text{A\_FRONT}} \right)} \pm 2594,05$$

Del ajuste obtenido según LabFIT (anexo 10), se obtuvo un coeficiente de correlación muestral igual a 0,506 y un coeficiente de determinación igual a 0,711.

## DISCUSIÓN

El procedimiento utilizado en la estimación de resistencia asume que la suma de resistencias individuales comprende a la resistencia total del arte rechazando así los efectos de interferencia e interacción entre los componentes. La mayor contribución de resistencia se debe a la red y portalones, y estos se encuentran separados, podría existir una pequeña o ninguna interacción entre estos componentes, lo que validaría esta suposición.

Las redes de arrastre de media agua orientadas a la pesca de merluza de cola, generalmente se confeccionan de cuatro ó mas paneles ya que de esta manera se logra una mayor área frontal y como bien señala Swiniarski *et al.* (1994), estos modelos ofrecen menor resistencia al remolque. Los artes evaluados en este trabajo confeccionados de 4 paneles permiten reducir el área sólida y son ajustables a la capacidad potencial de las embarcaciones que las utilizan, por tanto es innecesario emplear una red con mas de cuatro paneles que requiere mayor tiempo en reparaciones y son mas difíciles de manipular, a pesar del incremento en área frontal obtenido.

Los portalones utilizados en la pesquería de merluza de cola, permiten gracias a su diseño variar el ángulo de inclinación lo que a su vez produce un efecto en la profundidad del borbón. De esta manera se genera un rango de amplitud en la profundidad de la red que incide directamente sobre el desempeño del arte. Nowakowski (1999), añade que al determinar correctamente la dimensión de los portalones y los cambios de longitud en cables de cala, se logra la abertura horizontal óptima de la red. Del mismo modo, los resultados muestran que la variación de estos parámetros produjo un efecto en la abertura de la boca de la red y en la resistencia hidrodinámica del sistema.

Es posible notar una diferencia en el porcentaje de contribución de los cables de cala con respecto a la resistencia total del sistema que se deja ver en ambas redes evaluadas y que probablemente sea producida por la diferencia de área expuesta del cable de la red Swan-net 616 con respecto al área proyectada por el cable de la red Swan-net 876. Siendo factores importantes el ángulo de inclinación del cable de cala que depende de la longitud del cable de cala y la profundidad de arrastre. Puesto que en la red Swan-net 616 la profundidad de arrastre es menor, el ángulo de inclinación del cable varía notoriamente, influyendo esto en el cálculo estimativo de la resistencia del cable.

Los modelos determinados mediante el análisis realizado con SPSS, entregan como resultado una ecuación lineal que incorpora las variables velocidad de arrastre y el área expuesta de la boca de la red. Swiniarski (1994) también incorpora dichas variables en su metodología propuesta. Cabe señalar que dentro de los modelos matemáticos estudiados, los más influyentes son aquellos que incorporan a las variables mencionadas anteriormente junto con el área sólida de la red.

Un parámetro importante a considerar en el cálculo resistivo del brolón, es el ángulo de trabajo de la cadena de relinga debido a que se genera una variabilidad en términos resistivos producida en la operación del arte, ya que esta estructura (brolón) registra una inclinación dependiente de la velocidad de remolque principalmente y de las características propias de los materiales que la conforman. Por tanto sería conveniente estimar un factor que permita cuantificar la disminución en la resistividad que ocurre en estos componentes al trabajar en la operación de pesca con un cierto grado de inclinación producto de la manera en que se disponen en el arte de pesca en conjunto con la dinámica del entorno.

El análisis de los registros observados para ambas redes evaluadas, aplicados en los modelos teóricos de resistencia de redes de arrastre de media agua de Reid (1977) y Swiniarski (1994) entregó como primer resultado una sobreestimación en el cálculo de resistencia. Este resultado fue ajustado mediante minimización de la sumatoria de los cuadrados del error, de esta manera empleando la herramienta estadística SOLVER, fue posible encontrar las constantes que permiten validar las metodologías establecidas por Reid (1977) y Swiniarski (1994). Es preciso señalar que la estructura de los modelos no sufre alteración, pues solo se cambiaron las constantes dentro de las formulaciones propuestas.

El ajuste realizado a los modelos teóricos evaluados, en función de los datos observados permite reducir el error en la estimación del cálculo de resistencia de las redes evaluadas, sin embargo, este error o ruido estadístico es posible disminuirlo aún más empleando un modelo de regresión múltiple que estabilice la variabilidad registrada. En el ajuste realizado al modelo teórico de Reid (1977) versus el ajuste realizado con el software SPSS 11.5, fue posible con este último reducir el error de la estimación de resistencia de la red en un 36,4% para el modelo Swan-net 616 y en un 32,8% para el modelo Swan-net 876. La reducción del error al comparar con el modelo de Swiniarski (1994) fue de un 51,1% para el modelo Swan-net 616 y de un 48,3% para el modelo Swan-net 876.

La estimación de resistencia del cable de cala con respecto a la resistencia total del arte de pesca fue representada por un 7,8% y 13,5% en las redes con perímetro de boca 616 m y 816 m respectivamente. Estas ponderaciones, en comparación al estudio realizado por Swiniarski *et al* (1994) para una red de 4 paneles, presentan una diferencia de un -0,8% (Swan-net 616) y 4,9% (Swan-net 876) en las resistencias de los cables estimadas en este trabajo. Cabe señalar que al aumentar la longitud de los cables se produce un incremento de entre un 4-10% en el área frontal y en la resistencia de la red, este rango de variabilidad esta contenido dentro de la amplitud que menciona Sendlak *et al* (1994).

La resistencia de los portalones puede alcanzar un 25% de la resistencia total (Núñez, 1987). Los resultados obtenidos indican que los portalones representan la segunda mayor contribución de resistencia al sistema de arrastre semipelágico, dicha estimación fue representada por un 18,4% y un 20,1% en las redes de perímetro de boca 616 m y 876 m respectivamente.

Al contrastar los coeficientes de determinación de los modelos teóricos ajustados versus los coeficientes de determinación de los modelos de regresión múltiple determinados para ambas redes en estudio, es posible establecer una notoria disminución de la variabilidad en este último método, por tanto, se puede establecer que el método paso a paso es una herramienta eficaz para estimar adecuadamente un modelo de resistencia para redes de arrastre de media agua.

Mediante el uso del programa estadístico LabFIT, se logró establecer una nueva formulación para estimar la resistencia de la red de arrastre, sin embargo, los resultados no mejoran en ninguno de ambos casos, los resultados obtenidos a través del software de análisis estadístico SPSS. El error estándar de la estimación de resistencia obtenido en el ajuste con LabFIT fue mayor en un 3,16% y 3,02% al error estimado con el software SPSS 11.5 para los modelos de redes Swan-net 616 y Swan-net 876 respectivamente.

## CONCLUSIONES

Al caracterizar los artes de pesca evaluados, se logró registrar información esencial de los elementos constituyentes del sistema, y en conjunto con la información IN SITU de la operación de las redes fue posible cuantificar la resistencia que ejerce cada uno de los componentes de este sistema.

En cuanto a la operación del arte de pesca, se registró un rango de velocidad de arrastre comprendido entre 4 y 5 nudos para la red de perímetro de boca igual a 616 m. Por otra parte la red de perímetro de boca igual a 876 m, se caracterizó por ser remolcada en un rango de velocidad de 3-4 nudos (70% de los lances). Esta variabilidad en ambas redes, es producida por las diferencias de área sólida que experimentan ambos diseños, donde la red de mayor perímetro de boca (Swan-net 876) sobrepasa en aproximadamente 500 m<sup>2</sup> el área de la red Swan-net 616.

A medida que se incrementa la longitud del cable de cala, también registran un incremento la abertura horizontal de la red, abertura de portalones y la resistencia del cable de cala, sin embargo, el mayor incremento en la resistencia del cable se produce con el aumento de la velocidad de arrastre. En un rango de velocidad desde 3,1 nudos hasta 5,1 nudos se produjo un aumento en la magnitud de la resistencia del cable equivalente a 2,8 ton y 4,1 ton para las redes con perímetro de boca 616 m y 876 m respectivamente.

.La estimación de resistencia para las malletas, fue calculada considerando los movimientos angulares de estos cables junto con los parámetros de la fórmula de resistencia de un cuerpo en el agua. De esta manera se estimó que la magnitud de resistencia para estas estructuras correspondió a un 4,3% (Swan-net 616) y un 4,4% (Swan-net 876) de la resistencia total del sistema de arrastre.

La resistencia del borlón fue representada por un 2,4% de contribución a la resistencia total del sistema que emplea una red de perímetro de boca igual a 616 m. Para el sistema que utilizó la red de perímetro de boca igual a 876 m se estimó que la resistencia del borlón fue equivalente a un 3,4% de la resistencia total del sistema.

Al efectuar el análisis comparativo en cuanto a la resistencia de la red, según los datos observados y el modelo teórico de Reid (1977) se obtuvo un coeficiente de determinación igual a 0,638 y 0,663 en las redes Swan-net 616 y Swan-net 876 respectivamente.

Al efectuar el análisis comparativo en cuanto a la resistencia de la red, según los datos observados y el modelo teórico de Swiniarski (1994) se obtuvo un coeficiente de determinación igual a 0,587 y 0,677 en las redes Swan-net 616 y Swan-net 876 respectivamente.

Tanto el análisis realizado con el software SPSS a través del modelo de regresión múltiple, así como el ajuste realizado con el programa LabFIT arrojaron como variables esenciales del modelo resistivo determinado, la velocidad de arrastre medida en nudos y el área frontal de la boca de la red ( $m^2$ ).

El modelo resistivo determinado para la red Swan-net 616, registró los siguientes índices de evaluación: coeficiente de determinación ( $r^2$ ) igual a 0,692 y un error estándar de la estimación igual a 2,34 ton. Al comparar con el modelo de red Swan-net 876, se tiene que el coeficiente de determinación ( $r^2$ ) fue igual a 0,724 y el error estándar de la estimación fue igual a 2,51 ton.

El modelo resistivo para la red Swan-net 616 ajustado mediante el software SPSS mejora en un 5,4% y 10,5% la variabilidad explicada por el modelo teórico ajustado de Reid (1977) y Swiniarski (1994) respectivamente. De la misma manera, el modelo resistivo para la red Swan-net 876 ajustado mediante el software SPSS mejora en un 6,1% y 4,7% la variabilidad explicada por el modelo teórico ajustado de Reid (1977) y Swiniarski (1994) respectivamente.

La resistencia de la red de arrastre Swan-net 616 fue representada por un 66,1% como porcentaje de contribución promedio a la resistencia del arte de pesca, para el rango de velocidad evaluado (3,1-5,1 nudos). Por otra parte, la resistencia de la red de arrastre Swan-net 876 fue representada por un 57,5% como porcentaje de contribución promedio a la resistencia del arte de pesca, para el rango de velocidad evaluado (2,0-5,2 nudos).

Se demuestra que las metodologías establecidas por Reid (1977) y Swiniarski (1994) en las que originalmente se emplearon modelos a escala para estimar una ecuación empírica de resistencia, son apropiadas para el cálculo de resistencia de una red a escala real, siempre y cuando no se altere la estructura de los modelos. El error de la estimación fue minimizado y a través de regresión lineal múltiple se obtiene la función que permite estimar la resistencia de la red de arrastre de media agua.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- **Aguayo, M. 1974.** Estudio de la edad y crecimiento de la merluza de cola (*Macruronus magellanicus*, Lönnberg, 1907). Investigación Pesquera (Chile) 19: 43 pp.
- **Aguayo, M & R. Gili. 1984.** Edad y crecimiento de merluza de cola (*Macruronus magellanicus*) (Galliformes-Gadidae). Investigación Pesquera (Chile) 31: 47-57 pp.
- **Alarcón, R & H. Arancibia. 1993.** Talla de primera madurez sexual y fecundidad parcial en la merluza de cola. Ciencia y Tecnología del Mar, CONA, 16:33-45.
- **Arancibia, H. & L. Cubillos. 1993.** Análisis de la pesquería industrial regional de cerco, dinámica poblacional y situación del recurso jurel, *Trachurus symmetricus murphyi*. Doc. Téc. Inst. Invest. Pesq. (IIP), Talcahuano, Vol. 2, 1, 23 pp.
- **Barbieri, M., S. Lillo, A. Saavedra, R. Céspedes, L. Adasme, V. Ojeda, A. López, L. Cid, P. Rojas, B. Menares, & V. Catasti. 2003.** Evaluación de reclutamiento de merluza de cola, año 2001. Informe Final proyecto FIP N° 2001-21, IFOP.
- **Bessonneau J. S. & Marichal D. 1998.** Study of the dynamics of submerged supple nets (applications to trawls). Ocean Engineering, Vol. 25, N° 7, pp. 563-583.
- **Bezzi, S. 1984.** Aspectos biológico-pesqueros de la merluza de cola del Atlántico sudoccidental. En: Revista del instituto nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero (INIDEP), Mar del Plata N°4: 63-80 pp.
- **Cetinic, P & Swiniarski J. 1980.** Analysis of the construction and resistance of pelagic trawls for catching pilchard in the Adriatic based on the model test and underwater observations. Acta Adriática 21 (1980) 137-190.
- **Cha Bong-Jin, Lee Chun-Woo, Cho Bong-Kon, Kim Hyun-Young & Won Sung-Jae. 2001.** Dynamic simulation of a midwater trawl system using a personal computer. Contributions on the Theory of Fishing Gears and Related Marine Systems Vol. 2. 105-111 pp. University of Rostock.
- **Cubillos, L. 1996.** Estudio biológico-pesquero de merluza de cola en el área de distribución de la pesquería pelágica centro-sur. Informe Final, FIP-IT/96-19, 55 pp.
- **Dickson, W. 1959.** The use of model nets as a method of developing trawling gear. Modern Fishing Gear of the World. Fishing News (books), London: 166-174.

- **Ferro R. S. T & Hou H. 1984.** A selected Review of Hydrodynamic Force Coefficient Data on Stranded Wires used in fishing gear. Scottish Fisheries Research, Report number 31, 20 pp.
- **Fisherman's Workbook.** Compiled by J. Prado. Fishery industries division FAO in collaboration with P. Y. Dremière, IFREMER, Sète, France. Published by arrangement with the Food and Agriculture Organization of the United Nations by Fishing News Books. Oxford, 1990.
- **Fridman, A. L. 1973.** Development of a method for the Calculation of the resistance of a trawl net. 11 (2):7-13.
- **Lee Chun-Woo & Lee Ju-Hee. 2000.** Modeling of a midwater trawl system with respect to the vertical movements. Fisheries Science 2000; 66:851-857.
- **Lillo, S., J. Córdova & M. Rojas. 1998.** Evaluación hidroacústica y distribución espacial del stock de merluza común en la zona centro-sur. IFOP. 125 p.
- **Lillo, S., R. Céspedes, V. Ojeda & R. Vega. 2000.** Evaluación directa de merluza de cola en la zona centro-sur, 1999. Informe Final. IFOP-FIP 99-06.
- **Lillo, S., R. Céspedes, F. Balbontín & C. Vera. 2003.** Evaluación hidroacústica del stock desovante de merluza del sur y merluza de cola en la Zona Sur austral, año 2002. (Proyecto FIP N° 2002-19). IFOP, 81 pp.
- **MacLennan D. N. 1979.** Hydrodynamics characteristics of trawl warps. Scottish Fisheries Research, Report number 16, 10 pp.
- **Melo, T., C. Hurtado, D. Queirolo, P. Rojas & J. Marabolí. 2002.** Factibilidad técnica de desarrollar una pesquería de arrastre de media agua de merluza de cola entre la VII y X regiones. Estud. Doc. 04/2002, Pontif. Univ. Católica de Valparaíso, 136 pp.
- **Melo, T., C. Hurtado, D. Queirolo & P. Rojas. 2004.** Evaluación de la interacción entre merluza de cola-merluza común con redes de arrastre de media agua en la pesquería centro-sur. Estud. Doc. 03/2004, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, 104 pp.
- **Nowakowski P. 1999.** Horizontal opening of the pelagic trawls with circumference in the range of 576–1400 m as a function of the different trawldoors application and warp length. Contributions on the Theory of Fishing Gears and Related Marine Systems. 111-117 pp. University of Rostock.

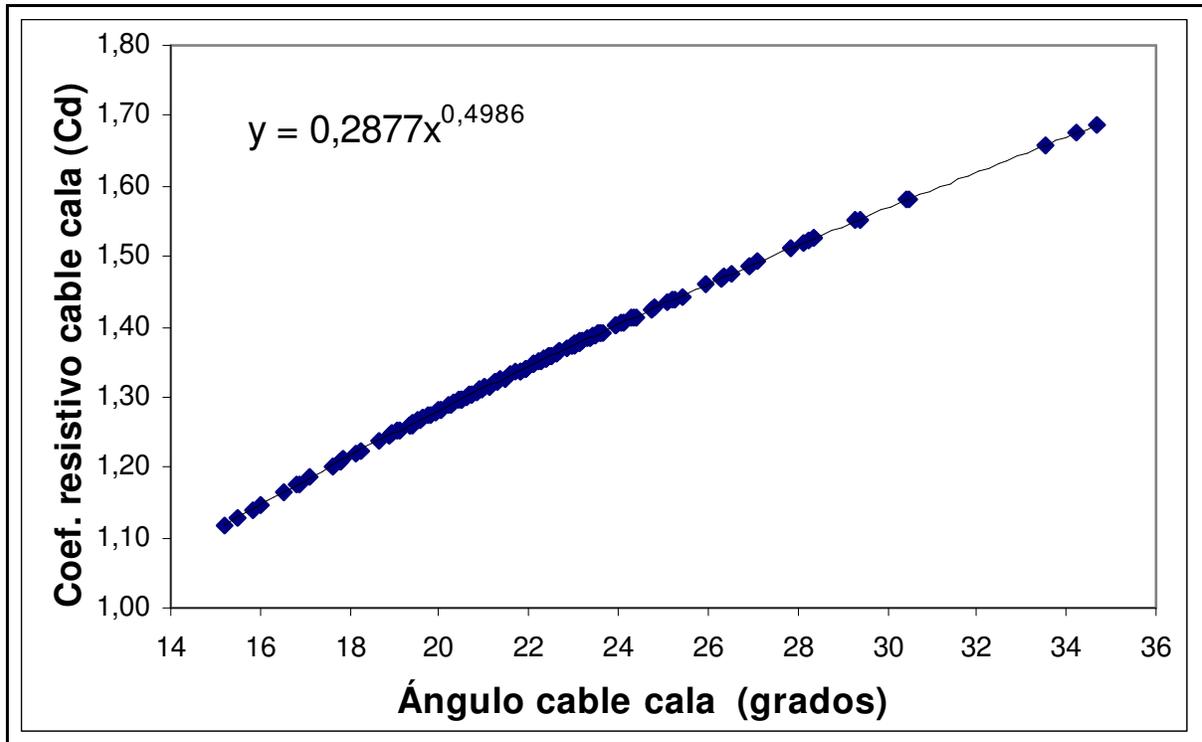
- **Nowakowski P, Sendlak H, & Swiniarski J. 2001.** An approach to the analysis of geometric and hydrodynamic drag parameters obtained for the pelagic trawl of 420 meters in circumference during sea trials and model tests. Contributions on the Theory of Fishing Gears and Related Marine Systems Vol. 2. 97-104 pp. University of Rostock.
- **Núñez J. F. 1987.** Hidrodinámica de las artes de pesca. Ensayos con modelos. Revista de Ingeniería Naval N° 656, Febrero 1990.
- **Reid, A. 1977.** A net drag formula for pelagic nets. Scottish Fisheries Research. Report number 7, 12 pp. Marine Laboratory Aberdeen.
- **Rojas, P. & Menares, B. 2002.** Descripción de los hábitos tróficos de la merluza de cola y merluza común capturadas con redes de arrastre de media agua espacio-temporal. En: Factibilidad técnica de desarrollar una pesquería de arrastre de media agua de merluza de cola (*Macruronus magellanicus*), entre la VI y X regiones. Estud. Doc. 04/2002, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, pp. 136.
- **Sendlak H, Nowakowski P & Swiniarski J. 1994.** Model Studies-based analysis of effects of pelagic trawl mouth construction and opening on geometric and resistance-related characteristics of trawls. Acta Ichthyologica et Piscatoria. Vol. 24, Fasc. 1, 31-43 pp. University of Agriculture in Szczecin, Poland.
- **Sendlak H. 1997.** Relationships between the length of trawl warps and parameters of openings and resistance of the trawling system. Contributions on Ocean Engineering. 43–55 pp. University of Rostock.
- **Swiniarski J, Sendlak H & Nowakowski P. 1994.** Analysis of resistance and mouth geometry of pelagic trawls used to catch scattered fish schools. Acta Ichthyologica et Piscatoria. Vol. 24, Fasc. 1, 45-54 pp. University of Agriculture in Szczecin, Poland.
- **Young, Z., J Chong, H. Robotham, P. Galvez & H. González. 1998.** Análisis de la pesquería de merluza de cola en zona sur austral. Informe final Proyecto FIP 96-37 p.

#### REFERENCIAS ELECTRÓNICAS

- [www.subpesca.cl](http://www.subpesca.cl)
- [www.net-sys.com](http://www.net-sys.com)
- [www.swannetgundry.com](http://www.swannetgundry.com)
- [www.motnets.co.nz](http://www.motnets.co.nz)
- [www.hampidjan.is](http://www.hampidjan.is)
- [www.thyboron-door.dk](http://www.thyboron-door.dk)

## **ANEXOS**

**Anexo 1. Relación Cd cable v/s ángulo del cable de cala**



Fuente: Elaboración propia (Regresión tomada de datos de MacLennan, 1979).

ángulo	Cd
39,1	1,73
32,8	1,68
24,5	1,44
24,2	1,49
21,1	1,25
19,4	1,24
19	1,26

Fuente: MacLennan, 1979.

**Anexo 2. Especificaciones técnicas del modelo de portalon utilizado**

# Trawldoors - type 8

## New pelagic trawldoors from Thyborøn, Denmark

**Type 8** trawldoors are developed in the light of more than 25 years experience and a production and follow-up on more than 20.000 trawldoors.

**Type 8** trawldoors can optimize your fishery in pelagic and semipelagic fishing.

**Type 8** trawldoors are based on superior »Thyborøn Quality« construction combined with the latest in hydrodynamic research, testing and practical deck experience.

**Type 8** trawldoors are fitted with an adjustable front tow bracket adding both stability and simplicity in adjustments to the doors angle of attack. The weight of the doors can also be varied by simple means of removeable plates bolted inside the doors.

**Type 8** trawldoors can be used for fishing close to the surface with long warps and also deep water.

**Type 8** trawldoors have been flume tank tested in Denmark and proven themselves in the toughest oceans in the world.

**Type 8** trawldoors are very easy to maintain.

**Type 8** trawldoors can be delivered with holders for Scanmar or Simrad.

*Please contact your supplier for further details.*

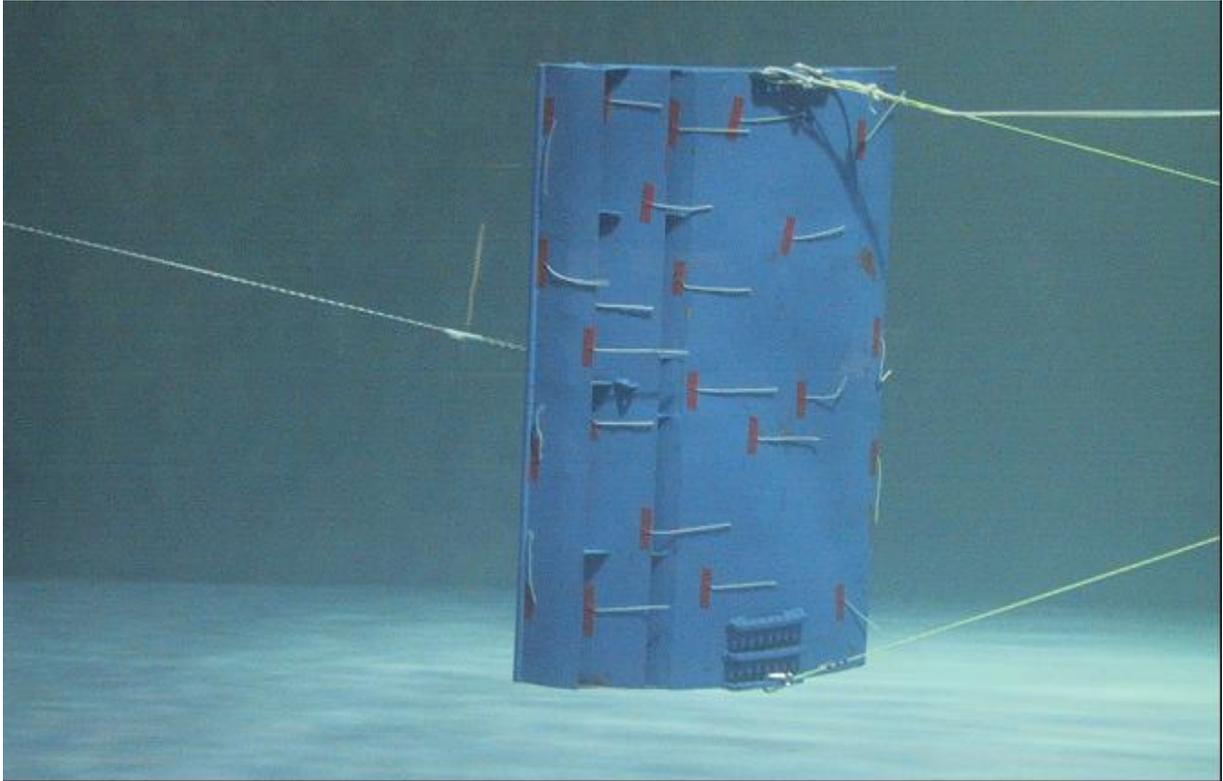
### Technical specifications

type	area/m <sup>2</sup>	weight/kg MINIMUM	weight/kg MAXIMUM
1,5	1,50	114	149
2	2,00	205	250
3	3,00	325	373
3,5	3,50	355	435
4	4,00	430	520
4,5	4,50	476	576
5	5,00	574	689
5,5	5,50	627	752
6	6,00	754	894
6,5	6,50	936	1086
7	7,00	1022	1182
7,5	7,50	1233	1406
8	8,00	1345	1525
8,5	8,50	1414	1604
9	9,00	1513	1718
9,5	9,50	1563	1788
10	10,00	1730	1955
10,5	10,50	1745	1969
11	11,00	1850	2100
11,5	11,50	1915	2178
12	12,00	2023	2298
12,5	12,50	2096	2386
13	13,00	2202	2492
13,5	13,50	2246	2544
14	14,00	2335	2650
14,5	14,50	2395	2730
15	15,00	2458	2803
15,5	15,50	2550	2910
16	16,00	2639	3012
18	18,00	3329	3999

*Special weights on request.*

Fuente: Catálogo Portalon tipo 8 (thyboron skibssmedie A/S)

## Portalon pelágico tipo V “Thyboron tipo 8”



Especificaciones del modelo	
Longitud	0,54 m
Altura	0,80 m
Area proyectada	0,432 m <sup>2</sup>
Relación aspecto	1,48
Relación área	1,00
Peso en aire	11,3 kg
Peso en agua	9,9 kg

Angulo de ataque	CL	CD	CL/CD
25 grados	1,60	0,61	2,63
30 grados	1,73	0,75	2,31
35 grados	1,87	0,89	2,10
40 grados	1,84	1,01	1,83
Maximo Cl a:			
37 grados	1,91	0,96	1,99

Referencia obtenida de: [thyborondoor@post.tele.dk](mailto:thyborondoor@post.tele.dk)

### Anexo 3. Tabla resumen del cálculo de área sólida y solidez en red Swan-net 616

swan net 616										
panel superior										
cuerpo	numero	mallas arriba	mallas abajo	mallas alto	mallas tot.	tam. Malla	diam. Hilo	a. Solida	Area trabajo	solidez
ala	1	***	***	***	92	25600	14	32,97	11538,33	0,0029
belly1	1	24	20	3	132	12800	9	15,21	4138,75	0,0037
belly2	1	38	33	4,5	319,5	6400	7	14,31	2504,41	0,0057
belly3	1	60	47	9,5	1016,5	3200	6	19,52	1991,97	0,0098
belly4	1	84	65	15,5	2309,5	1600	4	14,78	1131,44	0,0131
belly5	1	122	97	25,5	5584,5	800	4	17,87	683,97	0,0261
belly6	1	184	135	49,5	15790,5	400	3	18,95	483,49	0,0392
belly7	1	264	165	99,5	42685,5	200	3	25,61	326,75	0,0784
belly8	1	164	93	149	38293	200	3	22,98	293,13	0,0784
injerto alas	1	15	13	2	66	6400	10	4,22	517,34	0,0082
								<b>182,20</b>	<b>23609,59</b>	<b>0,0077</b>
panel lateral										
cuerpo	numero	mallas arriba	mallas abajo	mallas alto	mallas tot.	tam. Malla	diam. Hilo	a. Solida	Area trabajo	solidez
ala	4	***	***	***	172	25600	11	48,44	21571,66	0,0022
lateral 1	2	20	18	3	228	12800	9	26,27	7148,75	0,0037
lateral 2	2	34	29	4,5	567	6400	6	21,77	4444,45	0,0049
lateral 3	2	52	43	9,5	1805	3200	6	34,66	3537,14	0,0098
lateral 4	2	80	65	15,5	4495	1600	4	28,77	2202,14	0,0131
lateral 5	2	122	97	25,5	11169	800	4	35,74	1367,95	0,0261
lateral 6	2	184	135	49,5	31581	400	3	37,90	966,99	0,0392
lateral 7	2	264	165	99,5	85371	200	3	51,22	653,50	0,0784
lateral 8	2	164	93	149	76586	200	3	45,95	586,25	0,0784
injerto alas	2	8	4	3	72	6400	9	4,15	564,37	0,0073
								<b>334,86</b>	<b>43043,21</b>	<b>0,0078</b>
panel inferior										
cuerpo	numero	mallas arriba	mallas abajo	mallas alto	mallas tot.	tam. Malla	diam. Hilo	a. Solida	Area trabajo	solidez
ala	1	***	***	***	38	25600	12	11,67	4765,83	0,0024
inf1	1	34	20	8	432	12800	10	55,30	13545,00	0,0041
inf2	1	38	33	4,5	319,5	6400	7	14,31	2504,41	0,0057
inf3	1	60	47	9,5	1016,5	3200	6	19,52	1991,97	0,0098
inf4	1	84	65	15,5	2309,5	1600	4	14,78	1131,44	0,0131
inf5	1	122	97	25,5	5584,5	800	4	17,87	683,97	0,0261
inf6	1	184	135	49,5	15790,5	400	3	18,95	483,49	0,0392
inf7	1	264	165	99,5	42685,5	200	3	25,61	326,75	0,0784
inf8	1	164	93	149	38293	200	3	22,98	293,13	0,0784
								<b>200,99</b>	<b>25726,00</b>	<b>0,0078</b>

$\mu_1$	<b>0,4222222</b>
$\mu_2$	<b>0,9064924</b>

<b>A. sólida total</b>	<b>718,04</b>
------------------------	---------------

<b>A. trabajo total</b>	<b>92378,80</b>
-------------------------	-----------------

<b>solidez total</b>	<b>0,007773</b>
----------------------	-----------------

#### Anexo 4. Tabla resumen del cálculo de área sólida y solidez en red Swan-net 876

swan net 876										
panel superior										
cuerpo	numero	mallas arriba	mallas abajo	mallas alto	mallas tot.	tam. Malla	diam. Hilo	a. Solida	Area trabajo	solidez
ala	2	***	***	***	42	38400	18	29,03	13408,57	0,0022
belly1	1	29	17	8	358	19200	14	96,23	28573,02	0,0034
belly2	1	31	25	4,5	252	9600	12	29,03	5028,21	0,0058
belly3	1	45	37	5,5	451	4800	10	21,65	2249,73	0,0096
belly4	1	51	43	6,5	611	3200	9	17,60	1354,60	0,0130
belly5	1	80	61	15,5	2185,5	1620	7	24,78	1241,80	0,0200
belly6	1	114	89	25,5	5176,5	800	6	24,85	717,28	0,0346
belly7	1	167	118	49,5	14107,5	400	5	28,22	488,70	0,0577
belly8	1	223	124	99,5	34526,5	200	3	20,72	299,01	0,0693
belly9	1	195	128	99,5	32138,5	120	3	11,57	100,20	0,1155
belly10	1	195	128	99,5	32138,5	80	3	7,71	44,53	0,1732
injerto alas	1	***	***	***	166	9600	11	17,53	3312,24	0,0053
								<b>328,91</b>	<b>56817,88</b>	<b>0,00579</b>

panel lateral										
cuerpo	numero	mallas arriba	mallas abajo	mallas alto	mallas tot.	tam. Malla	diam. Hilo	a. Solida	Area trabajo	solidez
ala	4	***	***	***	84	38400	18	58,06	26817,13	0,002
lateral 1	2	27	15	8	672	19200	14	180,63	53634,27	0,003
lateral 2	2	27	25	1,5	156	9600	12	17,97	3112,70	0,006
lateral 3	2	41	35	5,5	836	4800	10	40,13	4170,22	0,010
lateral 4	2	47	41	6,5	1144	3200	9	32,95	2536,28	0,013
lateral 5	2	78	61	15,5	4309	1620	7	48,86	2448,37	0,020
lateral 6	2	114	89	25,5	10353	800	6	49,69	1434,55	0,035
lateral 7	2	167	118	49,5	28215	400	5	56,43	977,40	0,058
lateral 8	2	223	124	99,5	69053	200	3	41,43	598,02	0,069
lateral 9	2	195	128	99,5	64277	120	3	23,14	200,40	0,115
lateral 10	2	195	128	99,5	64277	80	3	15,43	89,06	0,173
injerto alas	2	***	***	***	22	19200	12	5,07	1755,88	0,003
								<b>569,80</b>	<b>97774,29</b>	<b>0,00583</b>

panel inferior										
cuerpo	numero	mallas arriba	mallas abajo	mallas alto	mallas tot.	tam. Malla	diam. Hilo	a. Solida	Area trabajo	solidez
ala	2	***	***	***	42	38400	18	29,03	11851,87	0,0024
inf1	1	29	17	8,5	391	19200	14	105,10	31206,84	0,0034
inf2	1	31	25	4,5	252	9600	12	29,03	5028,21	0,0058
inf3	1	45	37	5,5	451	4800	10	21,65	2249,73	0,0096
inf4	1	51	43	6,5	611	3200	9	17,60	1354,60	0,0130
inf5	1	80	61	15,5	2185,5	1620	7	24,78	1241,80	0,0200
inf6	1	114	89	25,5	5176,5	800	6	24,85	717,28	0,0346
inf7	1	167	118	49,5	14107,5	400	5	28,22	488,70	0,0577
inf8	1	223	124	99,5	34526,5	200	3	20,72	299,01	0,0693
inf9	1	195	128	99,5	32138,5	120	3	11,57	100,20	0,1155
inf10	1	195	128	99,5	32138,5	80	3	7,71	44,53	0,1732
injerto alas	1	***	***	***	14	19200	12	3,23	1117,38	0,0029
								<b>323,48</b>	<b>55700,15</b>	<b>0,00581</b>

$\mu_1$	<b>0,4222222</b>
$\mu_2$	<b>0,9064924</b>

**A. sólida total 1222,18**

**A. trabajo total 210292,32**

**solidez total 0,0058118**

**Anexo 5. Matriz de correlaciones para análisis de las variables (SPSS 11.5)**

- Red Swan-net 616

**Correlations**

		RES_RED	VEL_NUD	ARE_FRO	REL_ASP	PRO_ARR	LON_CAB
RES_RED	Pearson Correlation	1	,406(**)	-,316(**)	-,239(**)	,124	-,147
	Sig. (2-tailed)	.	,000	,000	,005	,144	,084
	N	140	140	140	140	140	140
VEL_NUD	Pearson Correlation	,406(**)	1	-,163	-,095	-,158	-,180(*)
	Sig. (2-tailed)	,000	.	,054	,265	,063	,033
	N	140	140	140	140	140	140
ARE_FRO	Pearson Correlation	-,316(**)	-,163	1	-,026	,211(*)	,112
	Sig. (2-tailed)	,000	,054	.	,759	,012	,190
	N	140	140	140	140	140	140
REL_ASP	Pearson Correlation	-,239(**)	-,095	-,026	1	-,153	,806(**)
	Sig. (2-tailed)	,005	,265	,759	.	,071	,000
	N	140	140	140	140	140	140
PRO_ARR	Pearson Correlation	,124	-,158	,211(*)	-,153	1	,456(**)
	Sig. (2-tailed)	,144	,063	,012	,071	.	,000
	N	140	140	140	140	140	140
LON_CAB	Pearson Correlation	-,147	-,180(*)	,112	,806(**)	,456(**)	1
	Sig. (2-tailed)	,084	,033	,190	,000	,000	.
	N	140	140	140	140	140	140

\*\* Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

\* Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

- Red Swan-net 876

### Correlations

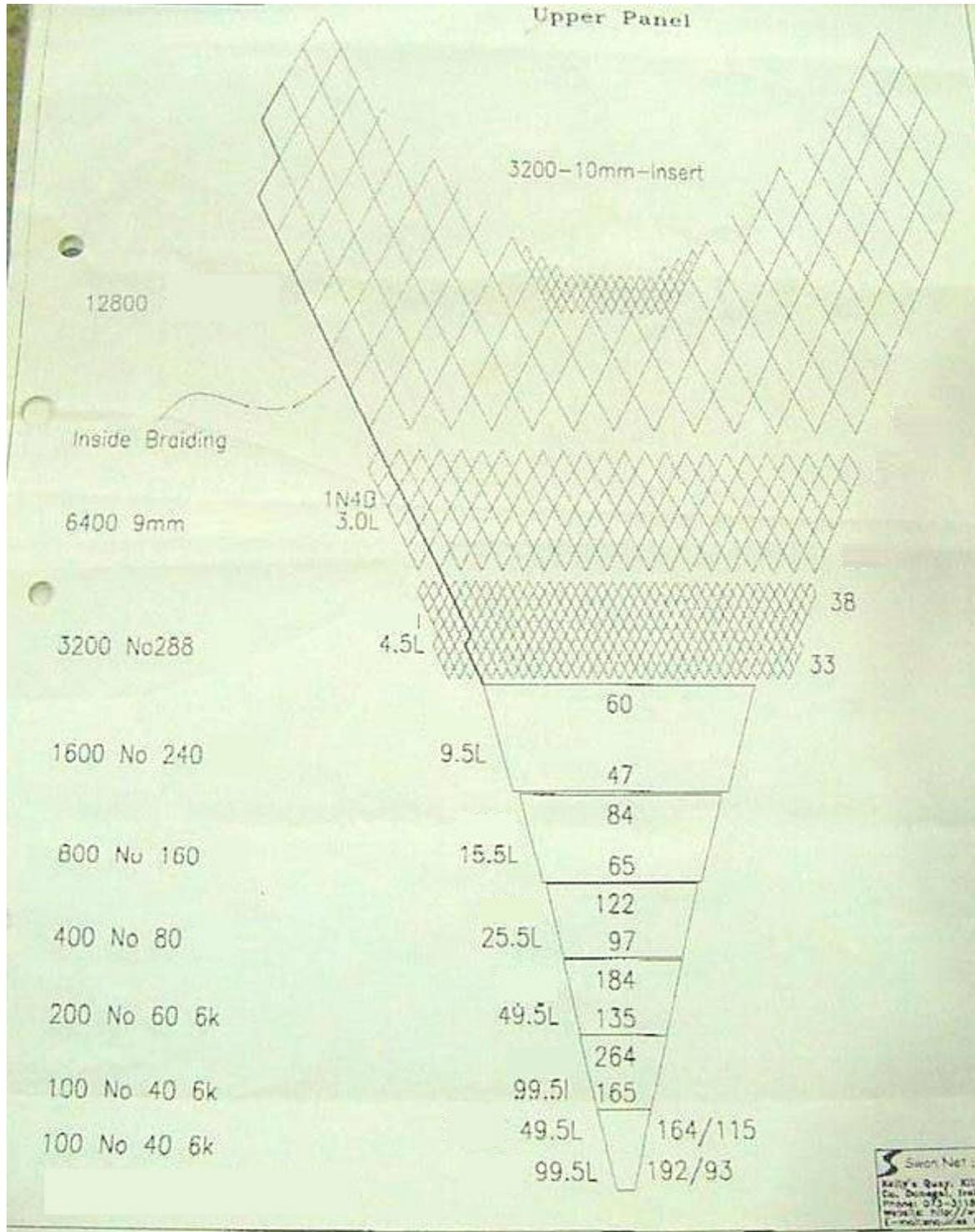
		RES_RED	VEL_NUD	ARE_FRO	REL_ASP	PRO_ARR	LON_CAB
<b>RES_RED</b>	<b>Pearson Correlation</b>	1	,442(**)	-,355(**)	,262(**)	-,105	,141(*)
	<b>Sig. (2-tailed)</b>	.	,000	,000	,000	,104	,028
	<b>N</b>	241	241	241	241	241	241
<b>VEL_NUD</b>	<b>Pearson Correlation</b>	,442(**)	1	-,174(**)	,365(**)	-,008	,407(**)
	<b>Sig. (2-tailed)</b>	,000	.	,007	,000	,898	,000
	<b>N</b>	241	241	241	241	241	241
<b>ARE_FRO</b>	<b>Pearson Correlation</b>	-,355(**)	-,174(**)	1	-,317(**)	,215(**)	-,066
	<b>Sig. (2-tailed)</b>	,000	,007	.	,000	,001	,306
	<b>N</b>	241	241	241	241	241	241
<b>REL_ASP</b>	<b>Pearson Correlation</b>	,262(**)	,365(**)	-,317(**)	1	-,738(**)	,030
	<b>Sig. (2-tailed)</b>	,000	,000	,000	.	,000	,639
	<b>N</b>	241	241	241	241	241	241
<b>PRO_ARR</b>	<b>Pearson Correlation</b>	-,105	-,008	,215(**)	-,738(**)	1	,642(**)
	<b>Sig. (2-tailed)</b>	,104	,898	,001	,000	.	,000
	<b>N</b>	241	241	241	241	241	241
<b>LON_CAB</b>	<b>Pearson Correlation</b>	,141(*)	,407(**)	-,066	,030	,642(**)	1
	<b>Sig. (2-tailed)</b>	,028	,000	,306	,639	,000	.
	<b>N</b>	241	241	241	241	241	241

\*\* Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

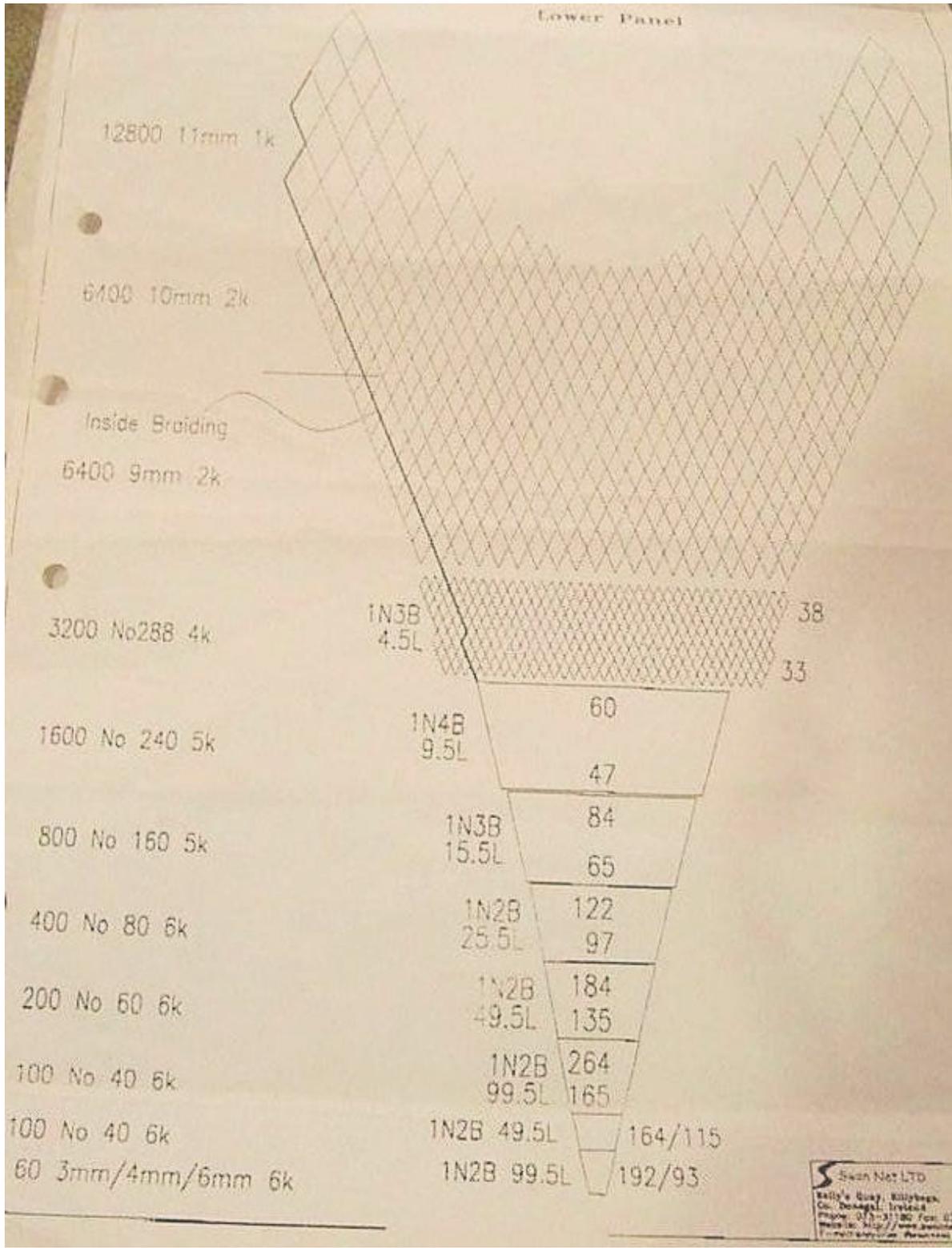
\* Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

**Anexo 6. Plano de red de arrastre Swan-Net 616**

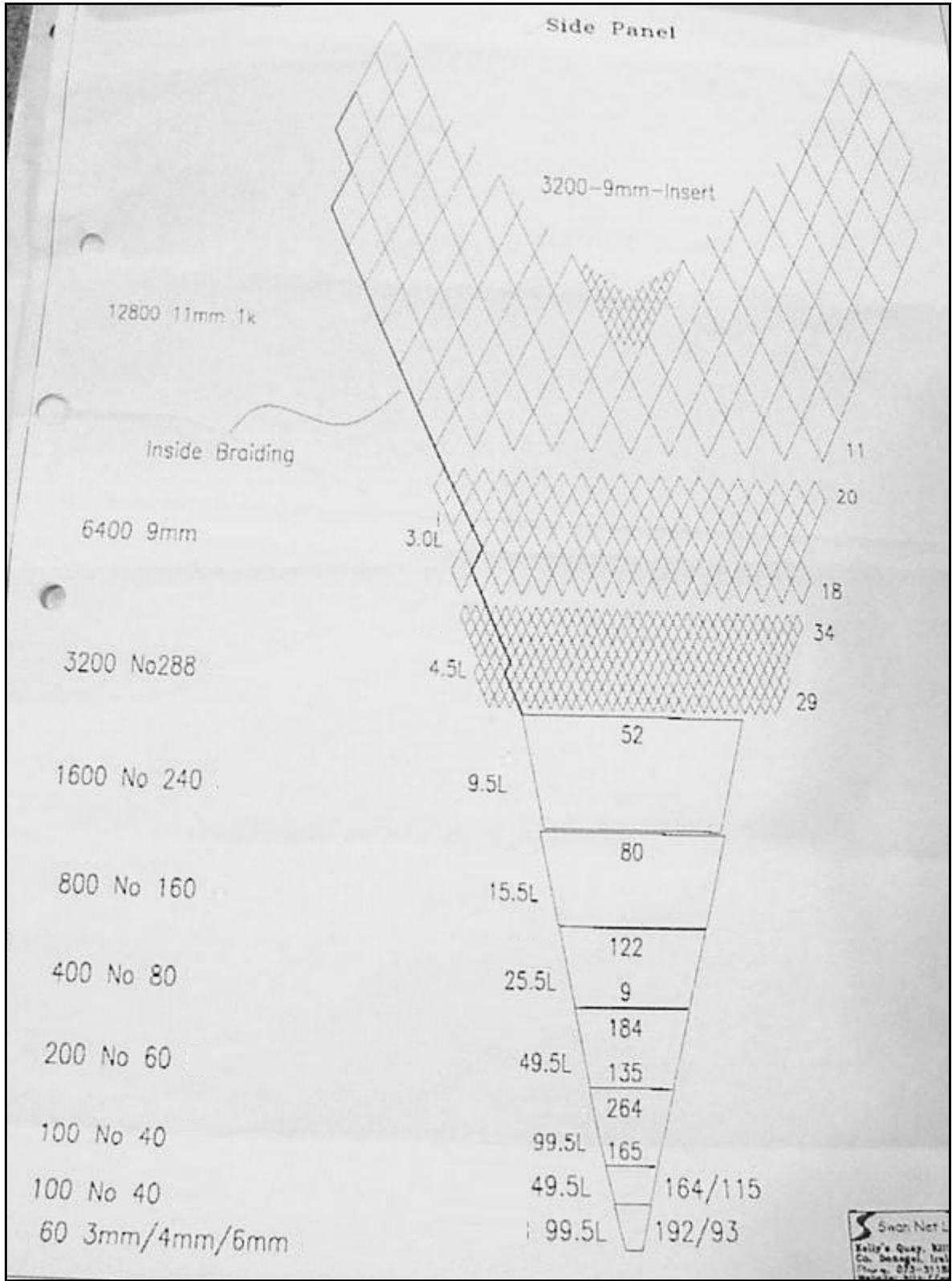
- Vista del panel superior



- Vista del panel inferior

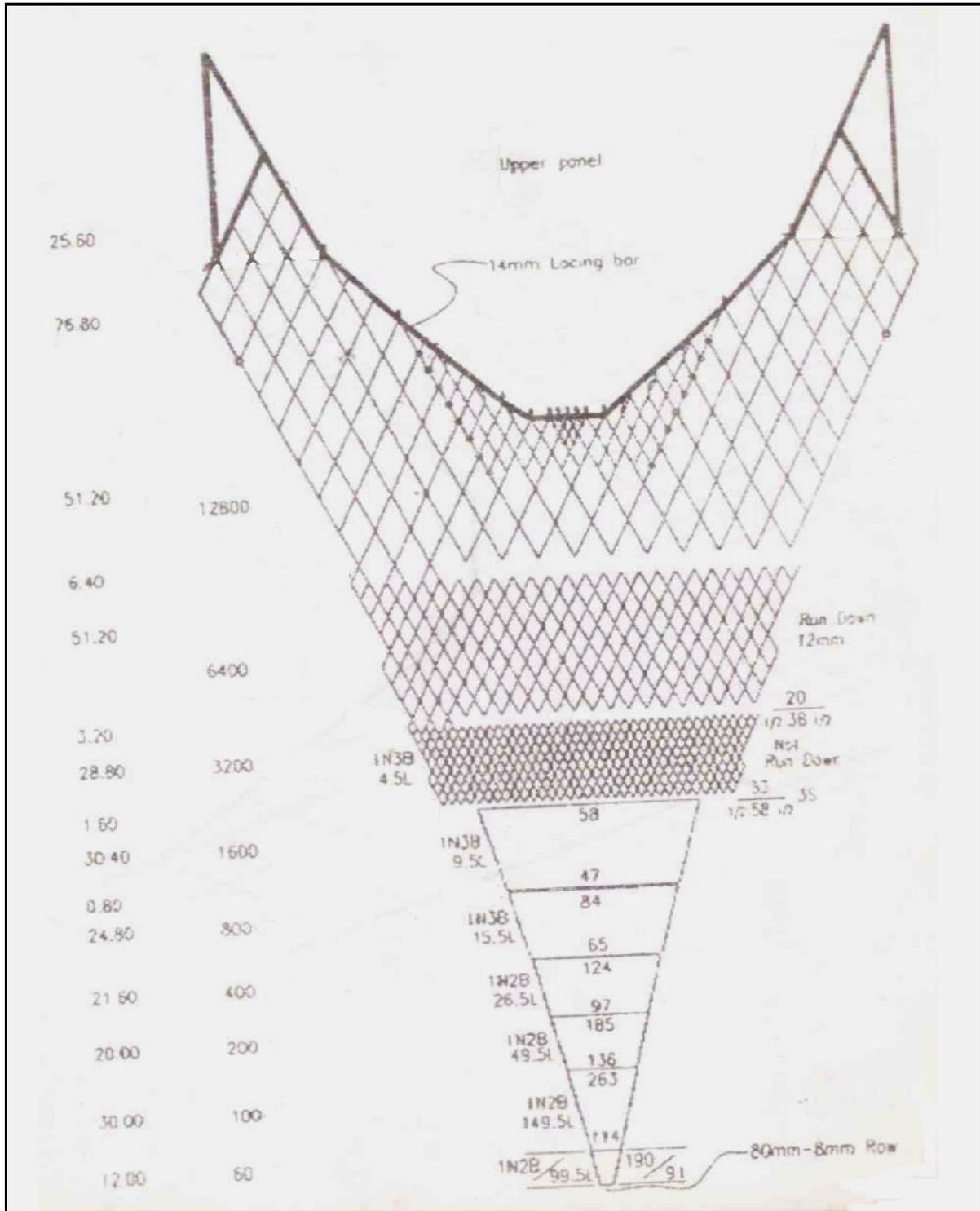


- Vista del panel lateral

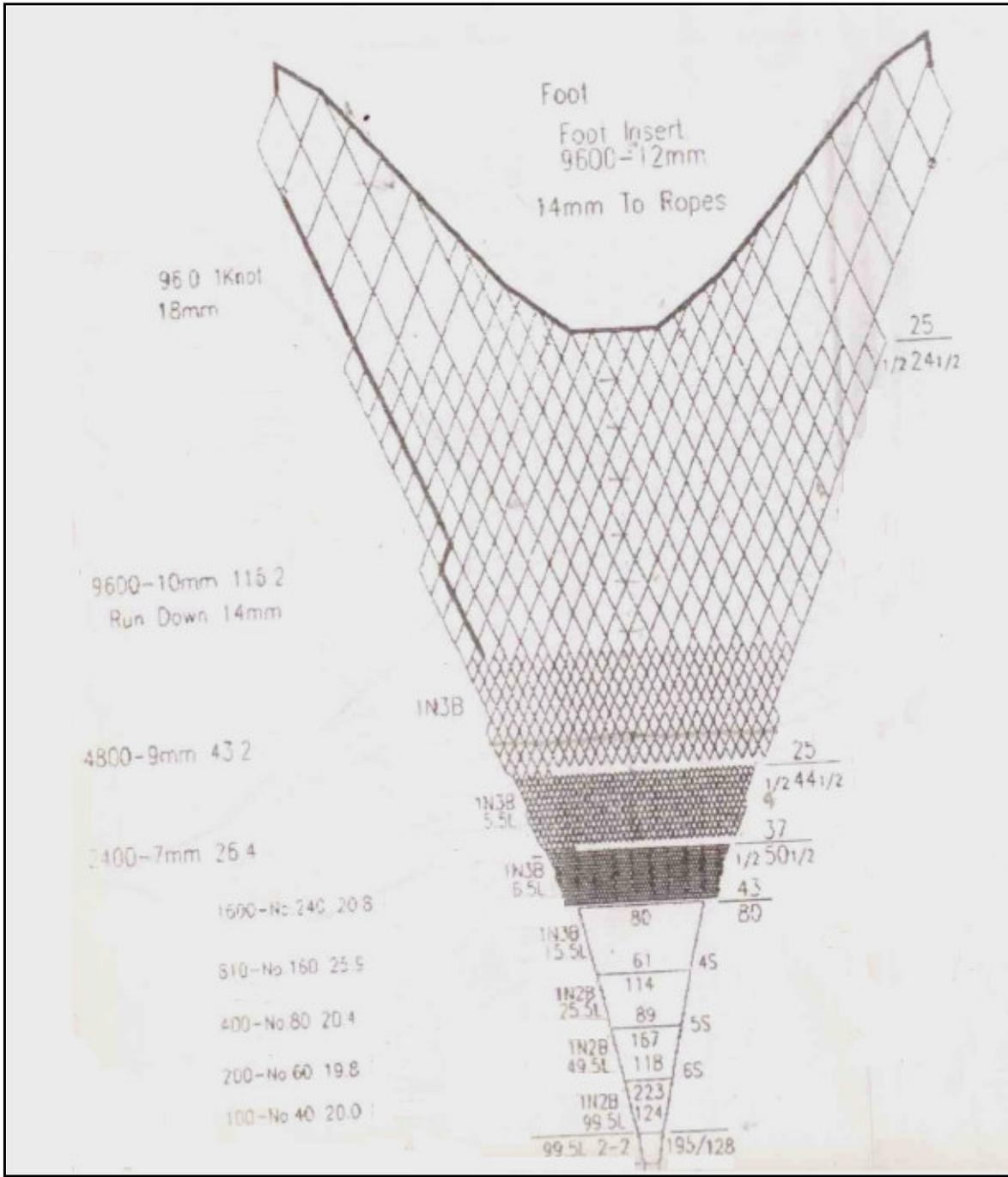


**Anexo 7. Plano de red de arrastre Swan-Net 876**

- Vista del panel superior



- Vista del panel inferior



**Anexo 8. Resumen del método paso a paso, para la identificación de variables en el modelo de resistencia de la red Swan-net 616 (Programa SPSS 11.5)**

**Variables Entered/Removed(a)**

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	VEL_NUD	.	Stepwise (Criteria: Probability-of-F-to-enter <= ,050, Probability-of-F-to-remove >= ,100).
2	ARE_FRO	.	Stepwise (Criteria: Probability-of-F-to-enter <= ,050, Probability-of-F-to-remove >= ,100).
3	REL_ASP	.	Stepwise (Criteria: Probability-of-F-to-enter <= ,050, Probability-of-F-to-remove >= ,100).

a Dependent Variable: RES\_RED

**Model Summary**

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,406(a)	,165	,159	2430,958
2	,479(b)	,229	,218	2344,130
3	,524(c)	,274	,258	2283,081

a Predictors: (Constant), VEL\_NUD

b Predictors: (Constant), VEL\_NUD, ARE\_FRO

c Predictors: (Constant), VEL\_NUD, ARE\_FRO, REL\_ASP

**ANOVA (d)**

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	161060857,660	1	161060857,660	27,254	,000(a)
	Residual	815518739,883	138	5909556,086		
	Total	976579597,543	139			
2	Regression	223771988,873	2	111885994,437	20,362	,000(b)
	Residual	752807608,670	137	5494946,049		
	Total	976579597,543	139			
3	Regression	267685350,951	3	89228450,317	17,118	,000(c)
	Residual	708894246,592	136	5212457,696		
	Total	976579597,543	139			

a Predictors: (Constant), VEL\_NUD

b Predictors: (Constant), VEL\_NUD, ARE\_FRO

c Predictors: (Constant), VEL\_NUD, ARE\_FRO, REL\_ASP

d Dependent Variable: RES\_RED

### Coefficients(a)

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	5307,681	2160,566		2,457	,015
	VEL_NUD	2718,237	520,679	,406	5,221	,000
2	(Constant)	15681,512	3710,825		4,226	,000
	VEL_NUD	2437,981	508,889	,364	4,791	,000
	ARE_FRO	-2,751	,814	-,257	-3,378	,001
3	(Constant)	20591,435	3990,466		5,160	,000
	VEL_NUD	2292,711	498,156	,343	4,602	,000
	ARE_FRO	-2,848	,794	-,266	-3,588	,000
	REL_ASP	-1469,614	506,321	-,213	-2,903	,004

a Dependent Variable: RES\_RED

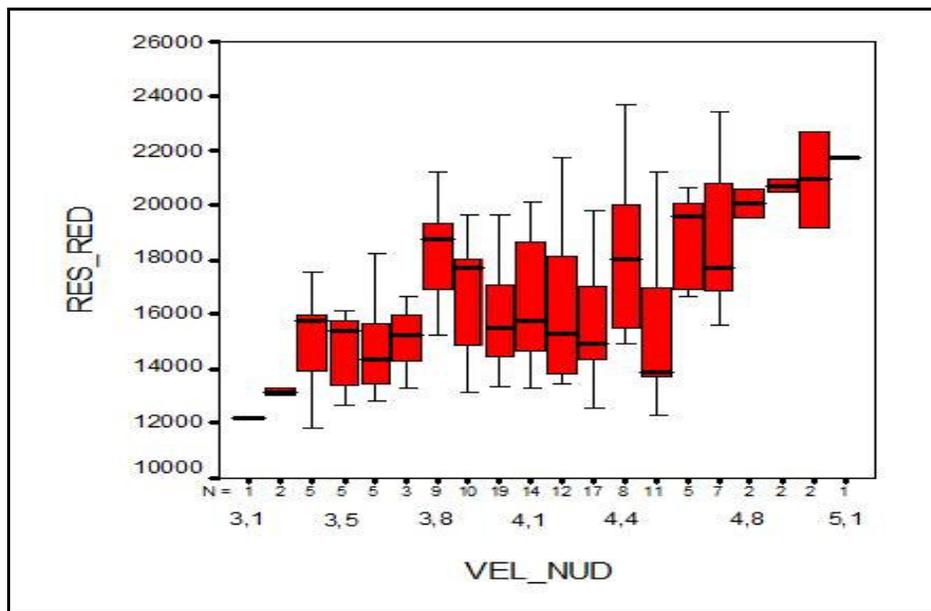
### Excluded Variables(c)

Model		Beta In	t	Sig.	Partial Correlation	Collinearity Statistics
						Tolerance
1	ARE_FRO	-,257(a)	-3,378	,001	-,277	,973
	REL_ASP	-,202(a)	-2,641	,009	-,220	,991
2	REL_ASP	-,213(b)	-2,903	,004	-,242	,989

a Predictors in the Model: (Constant), VEL\_NUD

b Predictors in the Model: (Constant), VEL\_NUD, ARE\_FRO

c Dependent Variable: RES\_RED



**Anexo 9. Resumen del método paso a paso, para la identificación de variables en el modelo de resistencia de la red Swan-net 876 (Programa SPSS 11.5)**

**Variables Entered/Removed(a)**

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	VEL_NUD	.	Stepwise (Criteria: Probability-of-F-to-enter <= ,050, Probability-of-F-to-remove >= ,100).
2	ARE_FRO	.	Stepwise (Criteria: Probability-of-F-to-enter <= ,050, Probability-of-F-to-remove >= ,100).

a Dependent Variable: RES\_RED

**Model Summary**

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,442(a)	,196	,192	2644,787
2	,525(b)	,275	,269	2515,659

a Predictors: (Constant), VEL\_NUD

b Predictors: (Constant), VEL\_NUD, ARE\_FRO

**ANOVA(c)**

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	406909626,470	1	406909626,470	58,172	,000(a)
	Residual	1671780609,319	239	6994897,947		
	Total	2078690235,789	240			
2	Regression	572497968,527	2	286248984,264	45,231	,000(b)
	Residual	1506192267,262	238	6328538,938		
	Total	2078690235,789	240			

a Predictors: (Constant), VEL\_NUD

b Predictors: (Constant), VEL\_NUD, ARE\_FRO

c Dependent Variable: RES\_RED

### Coefficients(a)

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	3323,405	1190,133		2,792	,006
	VEL_NUD	2666,033	349,548	,442	7,627	,000
2	(Constant)	11070,800	1890,883		5,855	,000
	VEL_NUD	2364,840	337,656	,392	7,004	,000
	ARE_FRO	-1,393	,272	-,287	-5,115	,000

a Dependent Variable: RES\_RED

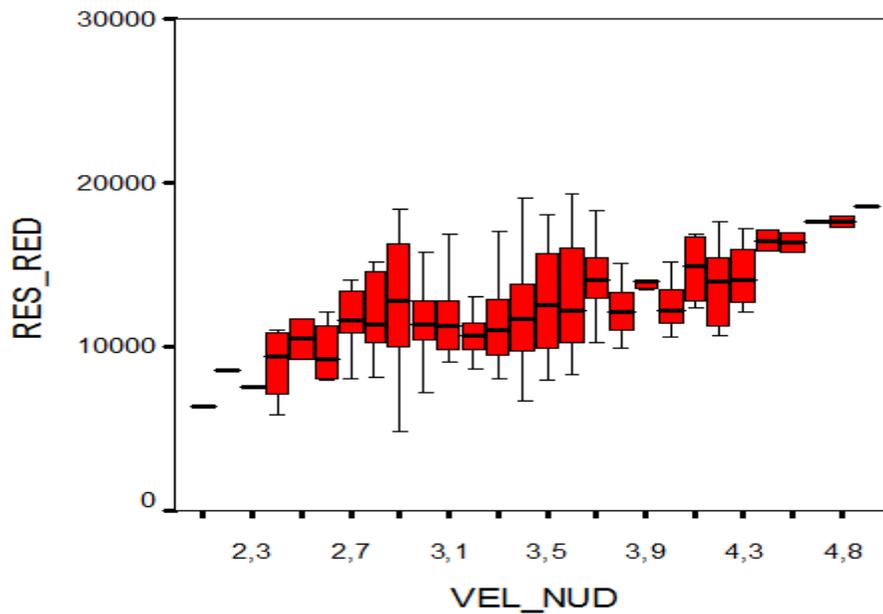
### Excluded Variables(c)

Model		Beta In	t	Sig.	Partial Correlation	Collinearity Statistics
						Tolerance
1	ARE_FRO	-,287(a)	-5,115	,000	-,315	,970
	REL_ASP	,116(a)	1,873	,062	,120	,867
	LON_CAB	-,046(a)	-,730	,466	-,047	,834
2	REL_ASP	,035(b)	,568	,571	,037	,801
	LON_CAB	-,045(b)	-,741	,460	-,048	,834

a Predictors in the Model: (Constant), VEL\_NUD

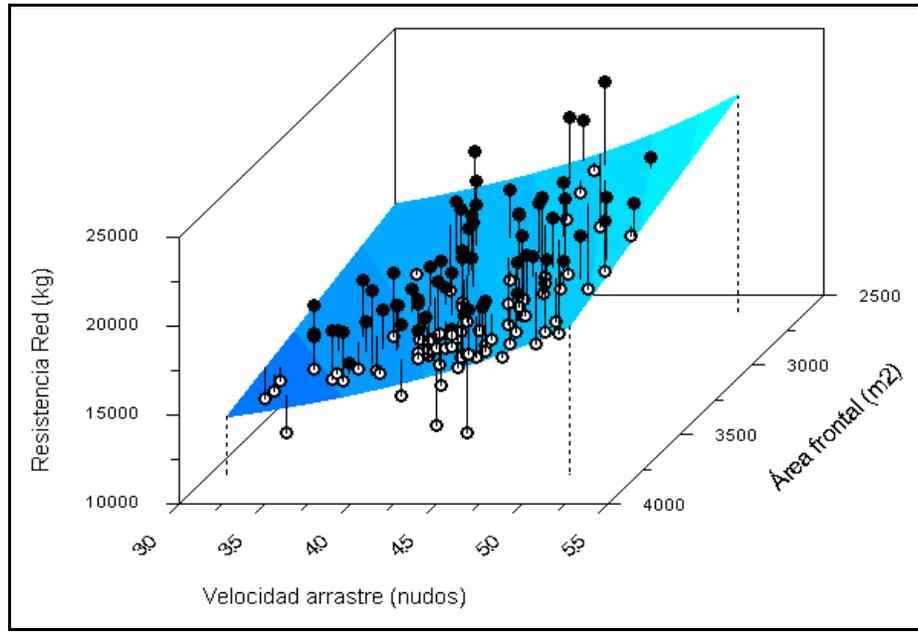
b Predictors in the Model: (Constant), VEL\_NUD, ARE\_FRO

c Dependent Variable: RES\_RED



**Anexo 10. Gráficos de modelos de resistencia para las redes de arrastre Swan-Net Según LabFIT.**

- Swan-net 616



- Swan-net 876

