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

" Comportamiento del arte de cerco en la pesquería del jurel (*Trachurus murphyi*) "

Proyecto para Optar al Título de Ingeniero Pesquero

por

Erick Gonzalo Gaete Alfaro

Valparaíso
2004

Comisión del Proyecto de Título

Profesor Guía	:	Sr. Teófilo Melo F.
Profesor	:	Sr. Guillermo Martinez G.
Profesora	:	Dra. María Ángela Barbieri

ESCUELA DE CIENCIAS DEL MAR
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES

INFORME SOBRE EL PROYECTO DE TITULO

La Comisión revisadora del proyecto de título "**Comportamiento del arte de cerco en la pesquería de jurel (*Trachurus murphyi*)**", conformada por los Profesoress Maria Angela Barbieri Bellolio, Guillermo Martinez González y Teófilo Melo Fuentes, se reunió de acuerdo a las normas vigentes y acordó emitir el siguiente informe del proyecto:

1° Autorizar su empaste
2° Calificar éste con nota 6.6 (seis y seis décimas)
3° Emitir el siguiente informe:

"Trabajo novedoso, realizado de acuerdo a la normativa vigente, con un muy buen manejo de la búsqueda bibliográfica, con relación de sus antecedentes y metodologia. Se constituye en un excelente aporte a la tecnologia de explotación pesquera, en términos de funcionalidad y operación del arte de pesca. Los análisis son innovativos, proponiendo visiones que sobrepasan con creces la literatura en el marco del posible uso de ésta, al comparar redes provenientes de empresas y naves distintas, infiriendo preliminarmente de la influencia del ambiente (corrientes, vientos)".

MARIA ANGELA BARBIERIB.
Profesora Comisión

GUILLERMO MARTINEZ G.
Profesor Comisión

TEOFILO MELO FUENTES
Profesor Guía

VALPARAISO, Marzo 9 de 2004.

Valparaíso, 13 de Marzo de 2004

AUTORIZACIÓN DE USO

Al presentar este Proyecto como último requisitos 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 solamente con fines académicos.

Sin mi consentimiento escrito, no se permitirán reproducciones con propósitos comerciales o fines de lucro.

Erick Gonzalo Gaete Alfaro

miércoles, 08 de octubre de 2008 (3).max

Dedico esta tesis a:

Mis padres, Sonia y Pascual
por creer en mi.

Mi abuelita Olimpia por su
cariño y amor.

Mi esposa Claudia y mi hija
Javiera que son mi vida.

miércoles, 08 de octubre de 2008 (4).max

AGRADECIMIENTOS

Deseo expresar sinceramente mi gratitud a todas aquellas personas que de una u otra forma colaboraron en llevar a buen término esta tesis y en particular a quienes de algún modo los representan.

Quisiera agradecer al señor Teófilo Melo Fuentes, al señor Guillermo Martínez G. y a la Sra. María Angela Barbieri B., el primero como profesor guía y todos ellos como miembros de la comisión de tesis, quienes tuvieron siempre una palabra de motivación e incentivo para que este trabajo llegara a buen término.

También es mi deseo expresar mi gratitud a todos y cada uno de quienes integran el Laboratorio de Tecnología Pesquera (TECPES), quienes en mayor o menor grado hicieron posible que la presente tesis llegara a feliz término.

Especialmente agradecer a mis padres que siempre me brindaron su apoyo incondicional para alcanzar las metas trazadas; a mi esposa Claudia que con su amor, comprensión y apoyo hizo posible el término de esta tesis y a mi hija Javiera, junto con quien viene en camino, que son la fuerza que me impulsa a seguir adelante día a día.

A todos, los nombrados y a los ausentes.

GRACIAS

miércoles, 08 de octubre de 2008 (5).max

CONTENIDO

	Pág.
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
1 Introducción	1
2 Objetivos	2
3 Antecedentes	3
3.1 Sobre la zona centro-sur	3
3.2 Sobre la pesquería	4
3.2.1 Evolución histórica	4
3.2.2 Aspectos biológicos especie objetivo	6
3.3 Sobre la flota cerquera	8
3.3.1 Sobre las embarcaciones cerqueras	9
3.3.1.1 Sobre el equipamiento	10
3.3.2 Régimen operacional	11
3.4 Sobre el arte	12
3.4.1 Generalidades de redes cerqueras	12
3.4.2 Descripción de la maniobra en el arte de cerco	13
3.4.3 Estructuras componentes de una red de cerco	13

miércoles, 08 de octubre de 2008 (6).max

3.5 Antecedentes Comportamiento arte cerco 17

4 Materiales y Métodos 18
4.1 Descripción General 18
4.2 Metodología para la Fracción Teórica 19
4.2.1 Análisis estático 20
4.2.2 Relaciones generales 25
4.3 Metodología para la fracción empírica 27
4.3.1 Características generales y posicionamiento de sensores 27
4.3.2 Mediciones de profundidad del calado de red cerquero 27
4.3.3 Mediciones de velocidad, dirección de vientos y corrientes 27
4.3.4 Tiempos de operación y tácticas de pesca 28
4.4 Revisión de los datos y orden de los registros 28
4.5 Resultados y análisis 28

5 Resultados 30
5.1 Características estáticas de los diseños 30
5.1.1 Relaciones entre los parámetros de construcción. 31
5.1.2 Aporte en peso de las estructuras de la red. 32
5.1.3 Relación Boyantez-Peso 35
5.2 Comportamiento Cinemático del arte de cerco. 36
5.2.1 Velocidad 38
5.2.2 Aceleración 43
5.3 Calado 48
5.4 Ajustes 50
5.4.1 Profundidad máxima del calado con respecto a caracteristicas de diseño 50
5.4.2 Profundidad máxima del calado con respecto a pesos y boyantez 54
5.5 Influencia de la condición metereológicas de mar y viento en el comportamiento del arte de cerco 56

6 Discusión 59

7 Conclusiones 62

8 Referencias 64

INDICE DE FIGURAS

		Página
Figura 1	Ubicación geográfica zona centro-sur de Chile	3
Figura 2	Evolución de los desembarques totales de recursos pelágicos en la zona centro- sur y su participación en el ámbito nacional	4
Figura 3	Evolución histórica nacional del desembarque de jurel (*Trachurus murphyi*)	5
Figura 4	Desembarques de la zona centro-sur y nacionales de la flota cerquera	6
Figura 5	Jurel (*Trachurus murphyi*)	6
Figura 6	Estacionalidad de los desembarques de jurel, promedio entre 1991 a 1995 en la V y VII regiones	7
Figura 7	Estacionalidad de los desembarques de jurel en la VIII Región	8
Figura 8	Embarcación tipo utilizada en la pesquería pequeños pelágicos en la zona centro-sur	9
Figura 9	Embarcación cerquera tipo, utilizada en la pesquería de jurel en la zona centro-sur	9
Figura 10	Disposición del equipamiento de cubierta para una embarcación cerquera tipo de la pesquería del jurel para la zona centro-sur	11
Figura 11	Diagrama de flujo de la metodología	19
Figura 12	Embandes base tela superior por cuerpo para las redes objeto	31
Figura 13	Embandes base tela inferior por cuerpo para las redes objeto	31
Figura 14	Ejemplo estándar de la distribución de pesos de una red (110-2)	32
Figura 15	Variación porcentual entre pesos secos y sumergidos de las telas agrupadas con respecto al total de la red	33
Figura 16	Variación porcentual entre pesos secos y sumergidos de plomos con respecto al total de la red	33

Figura 17	Variación porcentual entre pesos secos y sumergidos de los cabos agrupados con respecto al total de la red	33
Figura 18	Variación porcentual entre pesos secos y sumergidos de las anillas con respecto al total de la red	34
Figura 19	Variación de la relación boyantez-peso entre cada cuerpo para cada diseño de red	36
Figura 20	Profundidad y velocidad de un lance estándar en el primer cuerpo fino de proa para red 90-1	39
Figura 21	Profundidad y velocidad de un lance estándar en el primer cuerpo fino de proa para red 100-1	39
Figura 22	Profundidad y velocidad de un lance estándar en el primer cuerpo fino de proa para red 110-2	39
Figura 23	Profundidad y velocidad de un lance estándar medido en el cuerpo fino central de la red 90-1	40
Figura 24	Profundidad y velocidad de un lance estándar medido en el cuerpo fino central de la red 100-1	41
Figura 25	Profundidad y velocidad de un lance estándar medido en el cuerpo fino central de la red 110-2	41
Figura 26	Profundidad y velocidad de un lance estándar medido en el último cuerpo fino de popa para red 90-1	42
Figura 27	Profundidad y velocidad de un lance estándar medido en el último cuerpo fino de popa para red 100-1	42
Figura 28	Profundidad y velocidad de un lance estándar medido en el último cuerpo fino de popa para red 110-2	42
Figura 29	Velocidad y aceleración de un lance estándar en el primer cuerpo fino de proa para red 90-1	44
Figura 30	Velocidad y aceleración de un lance estándar en el primer cuerpo fino de proa para red 100-1	44
Figura 31	Velocidad y aceleración de un lance estándar en el primer cuerpo fino de proa para red 100-1	45

Figura 32	Velocidad y aceleración de un lance estándar medido en el cuerpo fino central de red 90-1	45
Figura 33	Velocidad y aceleración de un lance estándar medido en el cuerpo fino central de red 100-1	46
Figura 34	Velocidad y aceleración de un lance estándar medido en el cuerpo fino central de red 110-2	46
Figura 35	Velocidad y aceleración de un lance estándar medido en el último cuerpo fino de popa para red 90-1	47
Figura 36	Velocidad y aceleración de un lance estándar medido en el último cuerpo fino de popa para red 100-1	47
Figura 37	Velocidad y aceleración de un lance estándar medido en el último cuerpo fino de popa para red 110-2	47
Figura 38	Velocidad y profundidad de un lance especial medido en el cuerpo fino central y último cuerpo fino de popa para red 100-1	49
Figura 39	Profundidades para varios lance en diferentes posiciones para red 100-1 (21 con cuerpos)	49
Figura 40	Esquema de mediciones del calado de los cuerpos	50
Figura 41	Relación calado máximo (real y teórico) y HTE	51
Figura 42	Relación calado máximo y HTA	51
Figura 43	Relación calado máximo y LRS/HTE	51
Figura 44	Relación calado máximo y LRS/HTA	52
Figura 45	Calado en porcentaje de la HTE y embande base tela inferior de los cuerpos finos centrales	52
Figura 46	Calado en porcentaje de la HTE y embande base tela superior de los cuerpos finos centrales	53
Figura 47	Calado máximo y volumen de encierre en bzs^3	53
Figura 48	Calado máximo y relación B/W de los cuerpos centrales	54
Figura 49	Calado máximo y densidad lineal o kilogramos por braza de plomos	54

Figura 50 Calado máximo y factor W_{plomo} / W_{fibras} 55

Figura 51 Calado y factor [(W_{plomo}+$W_{anillas}$) / W_{fibras}] de los cuerpos centrales 55

Figura 52 Calado máximo y reserva de flotabilidad por braza en cuerpos finos centrales 55

Figura 53 Profundidad y calado en Lance Nº 1 (temporal) 56

Figura 54 Profundidad y calado en Lance Nº 2 (viento moderado fuerte) 57

Figura 55 Profundidad y calado en Lance Nº 3 (viento fuerte) 57

INDICE DE TABLAS

		Página
TABLA 1	Especificaciones técnicas sensor Micrel P2T	27
TABLA 2	Cuadro resumen de parámetros básicos de cada red	30
TABLA 3	Parámetros referenciales de construcción	32
TABLA 4	Cuadro resumen de pesos secos por componente para cada red	34
TABLA 5	Cuadro resumen de pesos sumergidos por componente para cada red	35
TABLA 6	Cuadro resumen de boyantez-peso de cada red	35
TABLA 7	Resumen de todos los valores de velocidad y R^2 calculados	48
TABLA 8	Caracterización de los lances registrados con distintas condiciones ambientales.	56

RESUMEN

El presente trabajo incursiona en la descripción del comportamiento funcional del arte de cerco en la pesquería del jurel (*Trachurus Murphyi*), para la zona centro-sur con las variables de diseño que existen en las diferentes alturas y tamaños de redes. En rigor se efectúa un detalle genérico de la pesquería para este recurso y su situación actual, caracterizando la flota y los artes que operan en esta. En segundo término se analizan las características geométricas, funcionales y operacionales, así como el comportamiento (estático y dinámico), de los ocho diseños de redes objeto de este estudio y sus parámetros de diseño, en términos referenciales para cada una de sus embarcaciones.

En relación al comportamiento del arte, este se enfoca principalmente hacia sus características funcionales, expresando la importancia de la profundidad del calado y tiempo que demora en caer, junto con las características de diseño que pueden influir en ello. En relación a esto, se presentan análisis desde un punto de vista cinemático, este apunta principalmente a las velocidades y aceleraciones asociadas a la caída de la red de cerco para las redes de 90, 100 y 110 brazas de altura estirada; con esto se realiza una descomposición de las etapas que ocurren en el calado y los factores que inducen claramente a ello. Las etapas son: caída libre, acción del winche puntero, luego acción del winche principal y finalmente el del virado de la red.

En términos finales se presentan las relaciones entre el calado y diversas características (estáticas, dinámicas y de operación), que pueden explicar la profundidad que alcanza el calado de la red cerquera y el grado de explicación que tengan estas variables en ello. Se expone también calados en tres condiciones de mar y las diferencias que se producen en ellos.

miércoles, 08 de octubre de 2008 (14).max

1. INTRODUCCIÓN

En la pesca de cerco, el posicionamiento exacto del arte con relación al cardumen es de primordial importancia para obtener un lance exitoso. En las pesquerías del género Carangidae, algunas especies escapan de ser capturados en aproximadamente un 40% de los lances (Misund, 1988,1990).

Comprendiendo que el sector pesquero es especialmente dinámico, surge la necesidad de optimizar el funcionamiento y eficiencia del arte de cerco en la pesquería del jurel (*Trachurus murphyi*), en la búsqueda de un aumento en las capturas a un mismo nivel de esfuerzo. De este modo se hace necesario cuantificar y conocer el comportamiento real del arte y de los factores que inciden directamente en su desempeño. Teniendo estos conocimientos se entregan las bases para efectuar mejoras en el uso de los diseños existentes y sus futuras modificaciones.

El conocer el comportamiento del arte junto con la utilización de equipos modernos de detección y de cubierta permite mejorar la probabilidad de efectuar lances exitosos, aún cuando para el éxito total no basta con conocer sólo el comportamiento del arte, éste es de primordial importancia, lo que abre un camino a efectuar mejoras en la utilización y diseños existentes (Misund,1990).

Entre los comportamientos que deben ser observados y considerados se encuentra el hidrodinámico del arte. En el diseño de un red de cerco, preparando las especificaciones y planos, se debe satisfacer requerimientos técnicos, de manipulación, funcionales y operacionales entre otros (Munizaga, 1995); todo lo anterior implica que se debe predecir un comportamiento teórico del arte, que debiera ser una correcta aproximación de la realidad para obtener un exitoso desempeño en condiciones de operación reales.

Para mejorar los diseños existentes o detectar los problemas que éstos tienen, se deben conocer los factores ambientales y factores de operación que inciden directamente, junto con determinar el grado de influencia que ellos tienen en el comportamiento del arte en cuestión. Dado que estos factores no son controlables en el diseño, se hace necesario trabajar en función de la determinación de las características técnicas de la red que permitan tener una buena velocidad de hundimiento teórica. Sin embargo, ésta no puede comprobarse hasta realizar mediciones con sensores de tiempo y profundidad de hundimiento en condiciones reales de operación (Munizaga, 1995).

La velocidad de hundimiento y profundidad que alcanza el arte de cerco es variable, a medida que la red se sumerge su velocidad va disminuyendo progresivamente (Munizaga, 1995) y se ve influenciada principalmente por diferentes factores que de acuerdo a su origen se mencionarán como ambientales (externos a la embarcación como dirección e intensidad de vientos y corrientes), de operación (como tácticas de pesca u operación del equipamiento de cubierta) y las características propias de diseño en la red utilizada. Toda la información anterior es de suma importancia para el capitán de la embarcación para optimizar la maniobra de captura en un mejor uso del arte (Martinez, 2001).

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo principal

Analizar el comportamiento del arte de cerco en la pesquería del jurel (*Trachurus murphyi*), para la zona Centro-Sur.

2.2 Objetivos Específicos

1. Identificar las características de diseño y construcción de redes de cerco jureleras mediante análisis estático.
2. Evaluar empíricamente el desempeño funcional y características cinemáticas de la operación del arte de cerco en la pesquería de jurel.
3. Relacionar el análisis estático con la evaluación instrumental *in situ* del calado.
4. Revisar la influencia de las condiciones metereológicas en el desempeño funcional del arte de cerco para esta pesquería.

3. ANTECEDENTES

3.1 Sobre la zona centro-sur

La zona centro-sur se destaca en el ámbito nacional e internacional por los grandes volúmenes de capturas y desembarques provenientes de las pesquerías pelágicas, que permiten una elevada producción de harina de pescado y otros derivados de esta industria como el aceite. Lo anterior implica la movilización de importantes esfuerzos económicos y altos niveles de inversión que en este momento le otorgan a Chile un importante lugar como productor mundial de harina, llegando a ocupar el segundo lugar en cuanto a volúmenes de producción después de Perú (Martínez *et al.*,1986), situación que con fluctuaciones, aún se mantiene hasta nuestros días (Cubillos *et al.*,1998).

Geográficamente esta zona se extiende aproximadamente desde el norte de Quintero (32°10'S) hasta el sur de Valdivia (41°00'S) (Fig. 1), aunque en la práctica los principales esfuerzos se concentran desde Constitución (35°30'S) por el norte, hasta Valdivia (40°05'S) por el sur.

Figura 1. - Ubicación geográfica zona centro-sur de Chile.

Los desembarques de la actividad extractiva se realizan fundamentalmente en torno a la VIII región, donde se destacan los puertos base de San Vicente, Talcahuano, Coronel y Tomé. La V Región con el puerto base de San Antonio tuvo un explosivo crecimiento a inicios de la década de los noventa, alcanzando un porcentaje de participación del 21,15 % del total de la zona centro-sur; actualmente, casi todas las operaciones de las empresas que aquí se instalaron se trasladaron a la VIII región, debido a la aguda crisis por la que atraviesa el sector desde 1998 (Fig. 2), originado por cambios en la distribución espacial y de los rendimientos de las zonas de pesca, cambios que se asociaron a variaciones de la temperatura superficial del mar provocados por el Fenómeno de "El Niño" (Barría *et al.*, 1999).

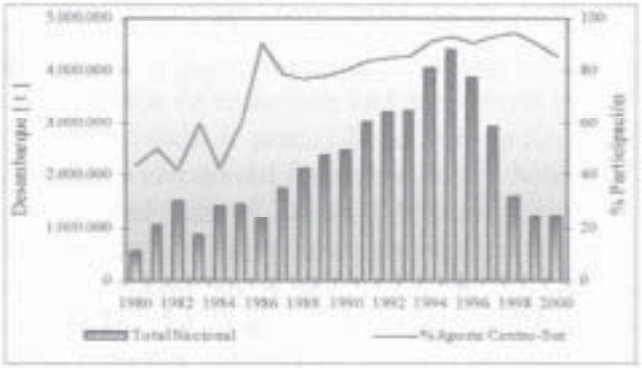

Figura 2: Evolución de los desembarques totales de recursos pelágicos en la zona centro- sur y su participación en el ámbito nacional.
Fuente: Anuarios estadísticos de pesca, Sernapesca 1980-2000.

3.2 Sobre la pesquería

En la zona centro-sur la flota cerquera concentra su actividad sobre el recurso jurel (*Trachurus murphyi*) y en forma secundaria extrae anchoveta (*Engraulis ringens*), merluza de cola (*Macruronus magellanicus*) y sardina española (*Sardinops sagax*) (Böhm *et al.*,1994). Como tendencia se observa que la operación sobre el jurel se efectúa cada vez más lejos de sus puertos bases, a modo de ejemplo para el año 2000 las principales zonas de pesca se encontraban en torno a Corral en la X región, aunque esto se entiende como una situación puntual (IFOP, 2000).

3.2.1 Evolución histórica

Originalmente la actividad extractiva estaba dirigida a clupeidos y presentó un lento crecimiento hasta 1964 (38.000 toneladas), de ahí en adelante se apreció un repunte hasta 1969 en que se desembarcaron 200.000 toneladas. A partir de 1975 se observó una fuerte disminución en las capturas, por una excesiva juvenilización del stock relacionada a variaciones en las condiciones ambientales, lo que provocó una crisis en esta pesquería (Böhm *et al.*,1991).

Debido a lo anterior, la flota reorientó su esfuerzo a la captura del jurel, recurso que a partir de 1986 pasa a ocupar el primer lugar en los desembarques, presentando un fuerte y sostenido crecimiento. Cabe destacar que a partir de 1989 se ha observado un leve repunte de sardina común y anchoveta, recursos que en 1995 alcanzaron 126.715 y 2.086.468 toneladas respectivamente (Sernapesca, 1998). Esta nueva condición se debe a variaciones favorables del medio ambiente para estas especies que incentivan su crecimiento poblacional y su disponibilidad (Yánez *et al.*, 1990).

En la evolución de los desembarques nacionales de jurel (*Trachurus murphyi*), es importante señalar que en los últimos años se ha presentado una disminución en los desembarques (Fig. 3) y en la talla (la mínima de captura es 26 cm), por esto se han tomado medidas de manejo como vedas para evaluar la situación del recurso (IFOP, 2000). Esta situación ha tenido un fuerte impacto sobre la pesca industrial de la zona centro-sur, ya que los días que se prohibió la captura para la industria de reducción han aumentado progresivamente desde 1997 y fundamentalmente son en la temporada de pesca (desde Mayo a Septiembre). Lo que sumado a la baja de disponibilidad, asociada a efectos del fenómeno de "El Niño" (Córdova y Núñez, 1999) y sobreexplotación del stock parental (Serra y Zuleta, 1999) como hipótesis, resultó en una drástica reducción de los desembarques de jurel (*Trachurus murphyi*) en la zona centro-sur y por ende del país (Fig. 4). Esto derivó finalmente en la asignación de Límites Máximos de Captura por Armador (LMCA), Ley Nº 19.713 del 25 de Enero de 2001 y que en diciembre del 2002 con la publicación de la "Ley corta de pesca", prorroga a 10 años este sistema de administración que es el imperante en la actualidad.

Figura 3: Evolución histórica nacional del desembarque de jurel (*Trachurus murphyi*)
Fuente: Anuarios estadísticos de pesca, Sernapesca 1980-2000.

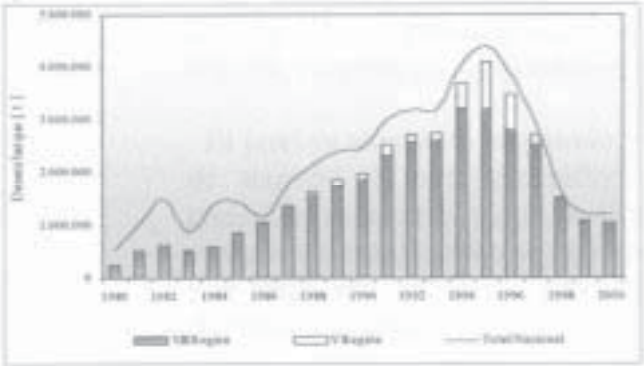

Figura 4: Desembarques de la zona centro-sur y nacionales de la flota cerquera.
Fuente: Anuarios estadísticos de pesca, Sernapesca 1980-2000

Es importante señalar que la pesquería pelágica de la zona centro-sur ha ocupado el primer lugar a nivel nacional en los desembarques en las últimas décadas (Sernapesca, 1980-2002). Dicha situación se relacionó estrechamente con una mayor abundancia y disponibilidad de jurel, anchoveta y sardina común. Además de un explosivo desarrollo de la flota cerquera industrial en la década de los noventa y de plantas de procesamiento que han alcanzaron altos niveles técnicos de producción (SUBPESCA, 2000).

3.2.2 Aspectos biológicos especie objetivo

Nombre común : jurel

Nombre científico : *Trachurus murphyi*

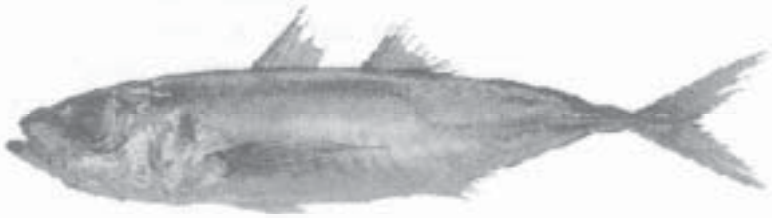

Figura 5: Jurel (*Trachurus murphyi*)

Distribución geográfica : Pacífico sur oriental desde las islas Galápagos (Ecuador) al canal Beagle en el extremo sur de Chile.

Distribución batimétrica : Desde los 0 hasta los 300 m de profundidad .

Comportamiento grupal : Agregaciones en forma de cardumen frecuentemente entre los 5 y 100 m, profundizándose a medida que se aleja de la costa. Presenta un comportamiento pelágico.

Estacionalidad : El jurel es altamente migratorio y su disponibilidad varía de acuerdo al lugar geográfico que se considere. Su presencia en nuestras costas se acentúa en los periodos de otoño e invierno, cuando se registran las máximas capturas y se aleja para actividades reproductivas en las estaciones de primavera-verano (Fig.6).

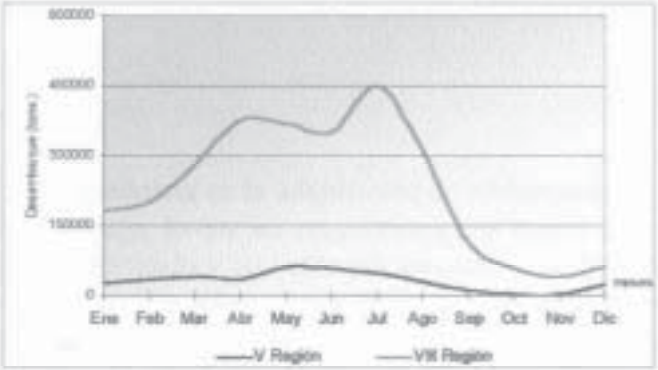

Figura 6: Estacionalidad de los desembarques de jurel, promedio entre 1991 a 1995 en la V y VII regiones. Fuente: Anuario estadístico de pesca, Sernapesca 1996

Interanualmente, la pesquería de jurel presenta estacionalidades similares pero de distintas magnitudes; esto, debido a cambios ya sea en la disponibilidad, vulnerabilidad o accesibilidad del recurso, como ejemplo se muestran las series del año 1991 a 1995 (Fig. 7). El motivo por el cual se usaron estos años para las figuras 6 y 7, radica en que en esa época no existían restricciones legales (vedas) y el sistema de administración imperante era de cuotas globales, lo que permite observar la estacionalidad natural propia del recurso.

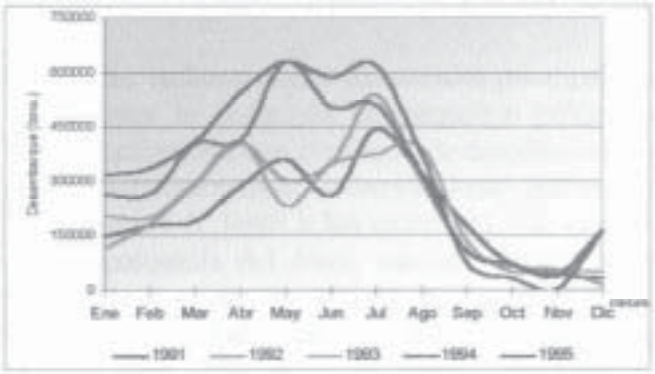

Figura 7: Estacionalidad de los desembarques de jurel en la VIII Región.
Fuente: Anuario estadístico de pesca, Sernapesca 1996

3.3 Sobre la flota cerquera

Indiscutiblemente la tendencia es la adquisición de embarcaciones con un mayor tonelaje y con mayor capacidad de bodega, lo que les proporciona una mayor autonomía para un régimen operacional cada vez más prolongado y un costo por tonelada más bajo para grandes volúmenes de captura. Esto posibilita la acción sobre zonas de pesca más alejadas y con una permanencia cada vez mayor en ellas gracias a sistemas de preservación de las capturas como RSW (agua de mar refrigerada), uso de hielo gel y mejores manejos de la captura. En cuanto a las embarcaciones que componen actualmente la flota cerquera de la zona centro-sur se debe mencionar que se han agregado varias embarcaciones mixtas (con equipamiento completo para funcionar como cerqueros y arrastreros de media agua), ya en operación varios de ellos con capacidades de bodega superiores a los 1500 toneladas (Mandujano, 1998).

La duración de las mareas (operación desde el zarpe hasta la recalada) es muy variable, dependiendo principalmente de la distancia que esté el caladero o zona de pesca, de las capturas que logren almacenar en sus bodegas y el tiempo que demoren en detectarlas, entre otros factores. También en situaciones especiales el tiempo de la marea se puede acortar por situaciones de emergencia como reparaciones al arte por deterioros, o por problemas mecánicos de emergencia, aún cuando esto es muy ocasional y el departamento de flota debe prever planes de inspecciones y mantenimiento para que ello no ocurra (Mandujano, 1998).

Las zonas donde principalmente se concentran los esfuerzos de pesca y opera la flota cerquera es mayoritariamente en las primeras 50 millas de la costa y aproximadamente entre Constitución (35º 30'S) y la Isla Mocha (38º 40'S), aún cuando esto es muy relativo, pues es reflejo sólo de una temporada o estación presente y está sujeto por la naturaleza dinámica de esta actividad a modificaciones en cada instante. Una nueva alternativa se ha observado con la expansión de estas zonas de pesca hacia Corral, aumentando también la lejanía de la costa a más de 200 millas junto con una diferenciación de los caladeros entre invierno y verano (IFOP, 2000).

3.3.1 Sobre las embarcaciones cerqueras

En la zona centro-sur las embarcaciones industriales principalmente son de dos tipos: de plantilla americana (Fig. 8) para la pesquería de pequeños pelágicos (anchoveta y sardina común), ésta se realiza mayoritariamente con cerqueros de tamaño mediano a grande (Ben-Yami, 1994), en zonas cercanas a la costa con embarcaciones de hasta 500 m3 de capacidad de bodega y esloras que van de 25 a 45 metros. Y junto a los anteriores los cerqueros de plantilla nórdica usados principalmente en la pesquería del Jurel, son las grandes embarcaciones que pueden operar en zonas más alejadas de la costa (Fig. 9), tienen una capacidad de bodega que va desde los 500 m3 hasta 1800 m3 en la actualidad y con una eslora superior a 45 metros.

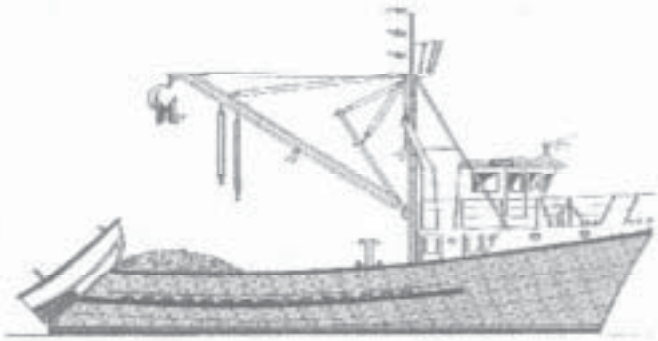

Figura 8: Embarcación tipo utilizada en la pesquería pequeños pelágicos en la zona centro-sur.
Fuente: Ben-Yami, 1994

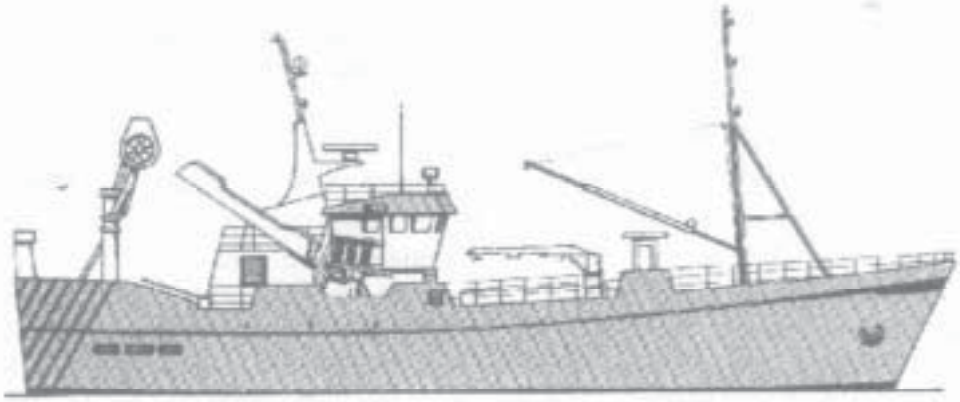

Figura 9: Embarcación cerquera tipo, utilizada en la pesquería de jurel en la zona centro-sur.
Fuente: Ben-Yami, 1994

Actualmente los cerqueros industriales deben ser aptos para girar en la popa o en la proa con hélices laterales o thrusters y si no disponen de ellos usar una panga y propulsión activa, aunque esto implica disponer de un espacio y capacidad para llevarla. Estas características alivian los problemas involucrados con las maniobras en condiciones ambientales desfavorables. En toda

pesquería la selección de diseños específicos en embarcaciones o su plantilla debe tener un compromiso económico y funcional, que puede ser crucial para el futuro comercial de la embarcación (Martínez, 1997).

Las embarcaciones con plantilla nórdica (puente a popa) usada en la pesquería del jurel en la zona centro-sur poseen un sistema virador de la red generalmente de tres rodillos, usualmente están diseñados para efectuar los lances por estribor, y completa el equipamiento de cubierta para mover la red un netstacker u ordenador de red (brazo hidráulico con un rodillo en su extremo), este transporta la red mediante el rodillo que gira al pozo de estiba. Entre otros de los rasgos comunes de acuerdo a la distribución del equipamiento de los grandes cerqueros actuales son el cómodo espacio de habitabilidad que poseen para la tripulación, bombas de succión de pescado, aparte de tener todos el pozo a popa (Mandujano, 1998). Los cerqueros más nuevos son para una utilización mixta opcional entre cerco y arrastre por popa, debiendo dominar las maniobras para ambos artes para un uso eficiente.

3.3.1.1 Sobre el equipamiento

Con relación al equipamiento necesario para cualquier embarcación pesquera se puede observar un afinamiento de los requerimientos de los armadores sobre las características técnicas de las embarcaciones en cuanto a los sistemas hidráulico, propulsión y auxiliar, junto con el equipo de pesca, principalmente de detección y equipamiento de cubierta. Además existen sistemas de refrigeración de las bodegas para conservar y prolongar la calidad de la materia prima (Irigoyen, 1994).

Equipamiento electrónico: Se compone principalmente de equipos para navegación y detección como son radares, navegadores satelitales, ecosondas y sonares omnidireccionales en colores de gran alcance y alta resolución. Estos últimos fundamentales para la operación extractiva.

Equipamiento de cubierta: A la existencia y distribución de las dos grúas, viradores y ordenadores de red y de la superestructura en forma general se debe sumar la existencia de cuatro winches (Fig. 10). Se debe estar en constante evaluación de la capacidad que tengan los winches junto con su velocidad, específicamente las características de todos los equipos de pesca influyen positivamente en el tiempo que demora el barco en subir la red y estar listo para efectuar otro lance, en tener la posibilidad de maniobrar con redes más grandes (largo y alto) y por lo tanto en tener la capacidad de una frecuencia mayor de lances. Considerando como aspecto negativo de mejorar la eficiencia se observan la necesidad de más potencia instalada para equipos más grandes junto con representar una mayor inversión (Martínez,1997).

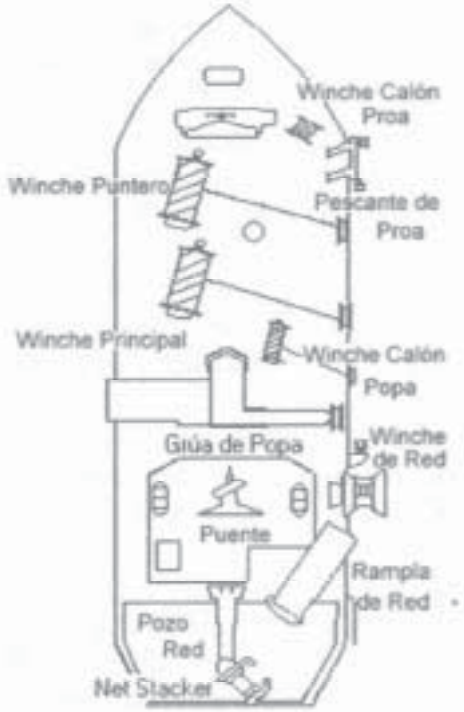

Figura 10: Disposición del equipamiento de cubierta para una embarcación cerquera tipo de la pesquería del jurel para la zona centro-sur. Fuente: Mandujano, 1998

Los buques cerqueros industriales con plantilla nórdica poseen además de los equipos mencionados anteriormente para realizar el virado de la red cuatro winches ubicados en el tercio de proa y que son: el winche *puntero* o de la llave falsa, winche de la *llave*, ambos iguales y de mayor tamaño; winche del *calón de popa* y el winche del *calón de proa*, que son también iguales y más pequeños.

3.3.2 Régimen operacional

Consiste en una serie de etapas secuenciales, que se detallan a continuación:

- Una *reunión* en la cual se define la zona de pesca donde se dirigirá la flota. Esta decisión es compartida entre el jefe de flota y patrón de pesca. Paralelamente a esta etapa se efectúa una *preparación en puerto* de la embarcación para verificar el buen funcionamiento de sus componentes (buque-arte) y el aprovisionamiento de combustible, agua y víveres. Además se debe realizar una serie de procedimientos administrativos para la *autorización oficial del zarpe* por parte de la Autoridad Marítima.

- En la *Navegación y Búsqueda* la embarcación se dirige hacia la zona de pesca predeterminada, en el menor tiempo posible. En este lapso generalmente se aprovecha para realizar la posible detección de cardúmenes.

- Ya en la *Zona de Pesca*, comienza la búsqueda de cardúmenes con información proveniente de otros patrones de pesca en la zona y con el equipamiento de detección (sonares y ecosondas). Todo este tiempo de búsqueda debe ser en lo posible mínimo.

- Los *Preparativos del Lance* se efectúan una vez detectado el cardumen. Se busca lograr la ubicación óptima de la embarcación para la intercepción táctica, sincronizando la velocidad y rumbo del cerquero con la posición del cardumen.

- El *Lance* consiste en calar una red alrededor de la agregación de peces, luego la captura embolsada es trasvasijada a la bodega del barco pesquero por la bomba de succión de pescado. Después de lo anterior se sube y ordena la red para reparaciones, si es necesario, dejándola lista para un nuevo lance.

- Posteriormente se realiza la *Navegación a Puerto*, si el Patrón lo decide, pues se ha completado la capacidad de bodega o se está en el tiempo límite de la captura. Un factor de decisión importante es el tiempo de permanencia de las capturas en bodega (si no posee equipamiento de refrigeración en las bodegas) para conservar la calidad de la materia prima.

- Finalmente el buque *Recala*, la tripulación baja a tierra y se procede a la *Descarga de la captura* en el pontón de descarga donde se trasvasija la captura desde la bodega del buque hacia los pozos de la planta, mediante bombas de succión y una red de tuberías hacia la planta.

3.4 Sobre el arte

Como red de cerco genérica, ésta se clasifica en encierre y pertenece al grupo N° 10 (Von Brandt, 1984) y su principio de captura es el de encerrar un cardumen, tanto por el costado como por su parte inferior (Covarrubias y Cabrera, 1979).

3.4.1 Generalidades de redes cerqueras

Generalizar todas las redes de cerco de esta pesquería es muy difícil, pues siempre aparecen en el mercado nuevos materiales o se efectúan innovaciones a los diseños existentes. Quizá como red tipo de esta pesquería sólo se pueda mencionar que poseen alrededor de 22 cuerpos, con un largo aproximado de 32 bz cada uno, con un tamaño de malla de 2" y una altura de tela estirada fluctuante en las 100 bz para los cuerpos centrales y con la tendencia de aumentar a 120 bzs. aproximadamente. Además están formados por cuerpos (copo de proa, antecopo de proa, cuerpos finos, cuerpo de cola o colero de popa) que tienen diversos componentes como son: relinga superior o de flotadores, relinga inferior o de plomos,

reineta superior e inferior, reinetas de unión de cuerpos o zipper, refuerzos, calones, patas de gallo y anillas disponibles en el mercado.

3.4.2 Descripción de la maniobra en el arte de cerco

El procedimiento consiste básicamente en calar una red alrededor de una agregación de peces, quedando el borde superior de la red en la superficie y formando una pared que rodea el cardumen. Luego se cierra el borde inferior gracias a un cable flexible que pasa por unas argollas o anillas dispuestas en la parte inferior o relinga de plomos, mediante la cual tirando por sus extremos consigue hacer una "bolsa" con los peces en el interior. El volumen ya encerrado con la red se comienza a reducir gradualmente virándola (y estibándola apropiadamente para los lances posteriores) por uno de sus extremos con viradores de red, con tres (TRIPLEX), dos o uno rodillo (PETREL) quedando los peces aglomerados en un costado del barco y embolsados en el copo de la red, desde donde son subidos al pesquero e introducidos en las bodegas fácilmente mediante bombas de succión que se introducen en el copo. Finalizando lo anterior se sube toda la red de nuevo, quedando preparada la embarcación y arte para un nuevo lance.

3.4.3 Estructuras componentes de una red de cerco

A) Cuerpos de la red

Son formados por hojas de tela rectangulares denominados paños, que se ubican uno al lado de otro y unidos formando los cuerpos (Munizaga, 1995). Se diferencian en un principio por su funcionalidad en el lance, aunque existen diferencias significativas entre ellos de acuerdo a las características de los paños que los forman y cortes que poseen según el diseño de la red.

a) Copo de proa:

Es el primer cuerpo de la red que cae al agua al calar. Se diferencia principalmente por tener la mayor titulación de los hilos que lo forman con respecto a otros cuerpos y además posee un corte dado por el diseño. Su función principal es mantener toda la captura cuando todos los otros cuerpos han sido ya virados y también es este cuerpo el que forma la "bolsa" desde donde se procede a succionar la pesca a bodegas. Generalmente de hilo torcido o trenzado con nudo de un tamaño de 2" con titulaciones de 210/192 aproximadamente.

b) Antecopo de Proa:

Son constituidos por paños de menor titulación que el copo y su función es unir el copo y los cuerpos finos de tal manera de disminuir los esfuerzos en las telas menos resistentes. También este cuerpo posee cortes y tiene una titulación mayor a la de los cuerpos centrales o

finos. Tiene un tamaño de malla de 2" y son de material torcido con nudo con una titulación alrededor de 210/96.

c) Cuerpos finos:

Son los cuerpos en que sus paños son de menor titulación en toda la red ya que los esfuerzos que soportan son mucho menores. Su función es encerrar o cercar al cardumen, formando la pared alrededor de éste, evitando su escape y al ser virado cumple la función de llevarlo hasta el copo. Sus paños son de 2" de tamaño de malla con una titulación que va desde 210/36 a 210/42; Los materiales que generalmente se usan son torcidos (de tres componentes con nudo) y Shogun (de 2 componentes sin nudo) principalmente.

d) Cuerpo de cola o colero de popa:

Es el último cuerpo de la red y también el último en caer al agua junto con ser el primero en virarse. Al ser el primero en virarse está sometido a fuertes tensiones al recibir la tracción de toda la red en el agua por una parte y del netwinche por otro; Por esto tiene una titulación similar a la del antecopo. Además de ser quien recibe la tensión del inicio del virado, también cumple la función de impedir el paso al cardumen en escape, al ser el último en caer y primero en salir debe alcanzar su breve condición operacional rápidamente. El tamaño de malla va desde 3 1/2" a 4" con una titulación de 210/16*8 (trenzado) o 210/144 (torcido).

B) Relinga superior o de flotadores:

Es un cabo de fibra sintética usualmente compuesta (PE, PA, PES), con un diámetro que oscila entre 1 ¼" a 1 ½" dependiendo del cuerpo en que se utilice; soporta en gran medida las tensiones producidas en el calado y virado (tracción producida por el barco y por el netwinche respectivamente), junto con las producidas por la fuerza de hundimiento como el peso de las estructuras, el virado de la llave fuerzas de tracción del recurso (Munizaga; 1995). A este cabo van unidos los flotadores (de ahí su nombre) y encabalgada la reineta superior (ésta a su vez se une con la tela del cuerpo). Las marcas comerciales más usadas actualmente en la pesquería del jurel son: Ultra Strong, Nylon, Polidac, SSR 101 y Polisur. El largo en esta pesquería con todas sus uniones entre los cuerpos, oscila entre 650 y 730 bz, para cada cuerpo se usa generalmente el cabo sin uniones (mayor resistencia a la ruptura y roce) con un largo alrededor de 30 bz aproximadamente. La unión entre cuerpo y cuerpo para las relingas de flotadores es generalmente con "gazas" o también con ferretería en menos casos como grilletes.

Los flotadores se unen entre sí con un cabo de flotadores que generalmente es de PA (Nylon) o Polipropileno (Ultra Strong), con un diámetro de 5/8" y para los de nylon ¾". Van unidos a la relinga superior mediante nudos del mismo cabo de flotadores u otras amarras. Los flotadores son los responsables de que la red no se hunda y se mantenga a flote en un buen funcionamiento de la red, aunque esto no siempre ocurre.

C) Relinga inferior o de plomos:

Al igual que la relinga de flotadores, es un cabo dispuesto en la parte inferior de la red y los materiales comerciales son los mismos que el anterior, el diámetro varía entre 1¾"y 1¼". La función es la unión del peso o plomos que permite el hundimiento de la red a una velocidad óptima y formar la pared del cerco, así tiene unido los pesos o plomos junto con las patas de gallo para la parte inferior y la reineta inferior que se une después a la red. Su largo en cada cuerpo y en el total (la unión entre cuerpos es igual que para la relinga superior) es levemente mayor que para la superior, porque tiene un embande superior para embolsar mejor la captura, disminuir el efecto de tensiones y mejorar su hundimiento.

Los plomos con su peso son los encargados en gran medida del hundimiento de la red y es en función de ellos la velocidad con que caiga la red. Van unidos entre sí por un cabo que pasa a través de ellos, generalmente de nylon con un diámetro entre 5/8" y ¾". El peso que se coloque en la red (lastre) al igual que para los flotadores está determinado por la relación boyantez/peso del diseño del arte, el efecto del peso seco para que la estiben los tripulantes y el tipo de materiales que se usen (Munizaga, 1995).

D) Reineta superior e inferior

Son paños de tela que tienen por función disminuir las tensiones transmitidas entre las relingas y los paños que forman los cuerpos, ya que por las tensiones los cabos de las relingas sufren elongaciones significativas. Para esto las reinetas son de una titulación y diámetro mayor que el usado en los cuerpos de la red, lo que le da al cuerpo una mayor resistencia a la ruptura, junto con tener una separación que no permite el roce de elementos con la tela central del cuerpo (más delicada) al pasar por los equipos de virado disminuyendo la abrasión.

La reineta superior e inferior tienen a su vez un embande superior para soportar y distribuir en mejor forma las tensiones generadas por las relingas al virar, así es el nexo entre un cabo expuesto a grandes tensiones y la tela sensible a esfuerzos y menos resistente. De esta forma las reinetas superior e inferior (generalmente más alta) unen la tela con la relinga superior y de plomos respectivamente. Las tensiones en la reineta inferior son menores que para la superior, pero está más expuesta a la abrasión producto del roce con el casco y plomos (Munizaga, 1995). Tienen un tamaño de malla alrededor de 3 1/2" con titulaciones que varían según la posición relativa en la red desde 210/64 a 210/144 d, en material torcido.

E) Reinetas de unión de cuerpos o Zipper

Son hojas de tela generalmente del mismo material y titulación que las reinetas, pero con una orientación vertical (perpendicular a las reinetas) y ubicadas en la unión entre cada cuerpo. Su principal función es evitar que una rotura o rajón se extienda de un cuerpo a otro, además de la unión de éstos. Sus características son similares a las reinetas, aunque son franjas más estrechas.

F) Refuerzos

La función de esta tela es como su nombre lo indica: reforzar los paños que están más expuestos al roce o a mayores tensiones; generalmente son de un tamaño de malla y tipo similar al del cuerpo en que se incluye, pero con una titulación mayor.

G) Calones

Son paños de una titulación grande y la mayor de toda la red. Se ubican en los extremos de la red y tienen por función absorber las tensiones de los paños de tela más finos en el virado o arrastre en el calado, por este motivo es que tienen una mayor titulación (más que las reinetas del copo), así poseen un diámetro mayor de hilo (210/244 a 256 torcido con nudo).y un tamaño de malla mayor

El calón de proa debe tener una longitud tal que cuando el copo es hecho firme al pescante de proa, no quede parte de este colero en el agua, porque permitiría el escape de los peces. El calón de popa tiene por función disminuir la altura del cuerpo de cola para virarlo con el netwinche, y su largo varía entre 1/3 y 1/5 de la longitud del cuerpo anterior. Así ambos coleros se inician con una altura de tela igual a la de la red (cuerpo cola) y tienen una disminución mínima de 1/3 de la altura inicial, generalmente poseen refuerzos para la relinga de flotadores como otros cabos o cadenas, para prevenir graves situaciones que se pueden producir si alguno de ellos se corta. Ambos calones poseen argollas en sus extremos por las que se desliza un cabo, que sirve para facilitar las maniobras de largado y recogida, y que para el caso del copo, permite formar la "bolsa" desde donde se succiona la pesca .

H) Patas de gallo:

Son cabos generalmente sintéticos que unen la relinga inferior o de plomos con las anillas y el cable de la llave. Sirven de soporte a las anillas, disminuyendo el esfuerzo del virado sobre la red y evitan que estas en conjunto con el cable de la llave, dañen la tela de los cuerpos por el roce en la operación; también en menor grado aumentan el peso de lastre de la relinga de plomos.

Las patas de gallo tienen una forma básica de un triángulo isósceles (bípedas), pero pueden tener diversas configuraciones, como la unión de dos patas simples con una tercera disminuyendo el número de anillas y distribuyendo homogéneamente los esfuerzos al cerrarse la llave de la red. Generalmente en los cuerpos con corte tienen sólo un punto de fijación.

I) Anillas o argollas:

Las anillas son estructuras de metal por lo general uniformes, que tienen en uno de sus lados un elemento contráctil que permite sacarla o ponerla fácilmente en el cable de la llave. Se une a la red por medio de las patas de gallo ubicadas en la parte inferior de la red. Por las

anillas pasa el cable de la llave (jareta) que permite el cierre de la red por su parte inferior. Los materiales usados son acero, existiendo una gran variedad de calidades (y precios) en el mercado.

3.5 Antecedentes del comportamiento arte cerco

Dada la naturaleza de estos estudios y la reciente tecnificación de esta pesquería, los antecedentes sobre el calado de redes de cerco son casi nulos. Los únicos antecedentes existentes están referidos a otras pesquerías del mundo (de atún o salmones por ejemplo) y son muy escasos también. No obstante el hecho de que parte de la flota ha instrumentado sus redes para conocer su comportamiento, pero el manejo de esta información es reservada para cada empresa.

Una de las pocas ecuaciones que explican el comportamiento del arte de cerco, en cuanto al calado, está dada por las siguientes fórmulas (Fridman,1973).

$$t(seg) = 0,9 * HTA(m) * \sqrt{(HTA(m) / q(Kg/m))}$$

Donde q es la sumatoria de todos los pesos sumergidos desde la reineta superior hasta las anillas para un metro de la red medido en la relinga, por lo tanto se expresa en Kg/m. HTA es la altura de la tela armada, que ya incluye los coeficientes de altura y abertura.

Para estimar la profundidad del calado en una posición dada en la red de cerco se tiene :

$$\text{Prof. Calado (HTT)} = \sqrt[3]{(q*t^2 / 0,81)}$$

4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 Aspectos generales de la metodología

La secuencia que se desarrolló para el cumplimiento de los objetivos planteados consideró la recopilación de antecedentes de comportamiento teórico de redes de cerco de jareta para la pesquería del jurel (*Trachurus murphyi*), junto con las generalidades técnicas de sus diseños. Luego con esta información se procede a hacer un análisis estático de los planos de las redes objeto, determinándose las características propias y posiciones de la ubicación del o los sensores de profundidad y temperatura (Micrel). Principalmente la ubicación correspondió al cuerpo fino central de la red y a los cuerpos finos adyacentes a los cuerpos con cortes (en proa y popa de la red). Lo anterior corresponde a la fracción teórica del desarrollo de la presente tesis.

Para la toma de datos fue importante registrar en forma simultánea al calado de la red, variables del medio como la presencia de corrientes, vientos con su respectiva velocidad y dirección cuando se disponía del equipamiento necesario; Además de la operación del equipamiento de cubierta y tácticas de pesca que empleó el patrón de la embarcación pesquera. Esta fracción empírica con mediciones *in situ* es parte importante del desarrollo de la presente tesis.

Teniendo las mediciones del calado de la red y de factores mensurables que pudieran influenciar en éste, se procedió a la revisión de los datos con el fin de darles una forma apropiada para los análisis posteriores, así convergen la fracción empírica y teórica para formular los resultados, relaciones y conclusiones del comportamiento del arte y las variables que mejor lo expliquen (figura 11).

Figura 11: Diagrama de Flujo de la Metodologia

4.2 Metodología para la Fracción Teórica

Cuando se tiene definida la red objeto, en base a su plano, se procedió a realizar un análisis estático en cuanto a todas sus características de diseño, considerando que el equipamiento de cubierta es estándar, en cuanto a sus capacidades y especificaciones técnicas. Luego se especificó el posicionamiento exacto del sensor de profundidad en la red.

4.2.1 Análisis estático

Este análisis se efectuó individualmente para cada cuerpo de toda la red, para luego integrarlas como un todo en su conjunto con diversos coeficientes globales. A continuación se detalla la metodología basada en apuntes del curso de Ingeniería de Artes (PES 453):

Longitud de tela estirada (LTE)

Es la longitud total de tela estirada, por lo tanto es antes de ser armada.

$$LTE = N_{\#} * t_{\#}$$

$N_{\#}$: Número de mallas
$t_{\#}$: Tamaño de malla

Longitud de relinga (Lr) o de tela armada (LTA)

Es la longitud medida en la red una vez ya encabalgada a una estructura (relinga). Esto implica que las mallas ya tienen coeficientes de abertura (μ_1) y de altura (μ_2).

$$LTA = LTE * \mu_1$$

μ_1 : Coeficiente de abertura

Coeficiente teórico de abertura (μ_1) y altura (μ_2)

Son la relación entre la semi abertura y semi altura de una malla de la red. Las formas para calcularlas son variadas, en este caso se usa:

$$\mu_1 = LC / LTE \quad \text{o} \quad \mu_1 = LTA / LTE$$

LC :Longitud del cabo

Altura de tela estirada (HTE)

Es la altura total de la tela antes de ser armada, es decir incluye solamente tela. Para este efecto se consideran los paños completamente estirados en sentido vertical. Si se habla de un cuerpo, este valor se refiere exclusivamente al paño (no incluye reinetas).

$$HTE = N_{\#V} * t_{\#}$$

$N_{\#V}$: Número de mallas verticales
$t_{\#}$: tamaño de malla

Altura de tela armada (HTA)

Es la altura de la tela una vez ya armada en el cuerpo. Está directamente relacionada con el coeficiente de altura (μ_2).

$$HTA = HTE * \mu_2$$

μ_2 : Coeficiente de altura teórica

Coeficiente de altura teórico (μ_2)

Se obtiene de la relación con el coeficiente de semi abertura (μ_1) y se define como:

$$\mu_2 = (1 - \mu_1^2)^{1/2}$$

Altura de tela trabajando (HTT)

Representa la altura teórica que debería alcanzar la red operando en el agua. El valor de ésta se ve directamente influenciada por el *Coeficiente de calado* (K_t). No se debe olvidar que esta altura se refiere sólo a la tela y no incluye reinetas ni otras estructuras.

$$HTT = HTE * K_t$$

K_t : Coeficiente de calado

$$HTT = (N_{gv} * t_g) * K_t$$

Coeficiente de calado (K_t)

Es un factor que corrige la profundidad teórica que alcanza la red. Con el K_t se realiza una aproximación a lo que sucede en el agua con la red en operación. El coeficiente de calado (K_t) es una importante estimación para corregir la profundidad de trabajo, ya que la determinación analítica en base a cálculos hidrodinámicos presenta grandes dificultades en cuanto a la definición y dimensionamiento de todas las variables que influyen en el calado.

El K_t se obtiene de valores experimentales de calado de red medidos con batiquimógrafos (BKG), o sensores de última generación. Así el K_t relaciona la HTT, HTE y HTA. De este modo se puede obviar los complicados cálculos hidrodinámicos. Una aplicación más exacta, dado el uso de estos sensores, es usar la altura total de tela estirada (HTTE) con el calado máximo medido

K_t = (Calado max. Medido)/ HTTE

El K_t se puede presentar como proporción (anterior) y como porcentaje. Una aproximación teórica para el K_t es:

$K_t = -0,049 + 0,92 * \mu_2$ Fuente: Melo, 1996

Coeficiente de embande (E)

Corresponde a la holgura con que se une o encabalga el paño con respecto al cabo, mientras menor sea el valor del coeficiente de embande, la tela se encuentra más suelta.

E = LC / LTE

Coeficiente de embande base-cabo

Análogo a lo anterior es una medida de la holgura del paño medido con respecto al cabo y expresado como coeficiente según la siguiente expresión.

Ec = (LTE - LC) / LC

Coeficiente de embande base-tela

De igual manera a lo anterior es una medida de holgura del paño, pero ahora medido con respecto a la tela misma y expresado como coeficiente.

Et = (LTE - LC) / LTE o Et = 1 - E

Debido a la función que tiene cada cuerpo, se debe decir que los esfuerzos a los que son sometidos y los tiempos de operación de cada cuerpo no son iguales, además de diferentes capacidades de "embolsar" que poseen los cuerpos encargados de retener la captura, en comparación con los cuerpos guías o de encierre centrales; se puede decir que el embande base cabo deberá ser diferente para secciones de la red con distintas funciones. En rigor se debe cumplir que:

$$EC_{copo} > EC_{antecopo} > EC_{cuerpos\ finos}$$

Coeficiente de aprovechamiento (CA)

Cuando se arman los cuerpos, la tela utilizada queda determinada sobre la base de los coeficientes de armado (altura y abertura) y a una disposición adecuada para optimizar el uso de ella, para aprovechar al máximo los materiales. En síntesis cuando se trabaja a máxima área, con coeficientes de abertura y altura iguales a 0,707, que expresado como embande base-cabo es un 41,4%. Así el coeficiente de área se puede expresar como :

$$CA = (\mu_1 \cdot \mu_2) / (0,707)^2$$

El máximo rendimiento y aprovechamiento se encuentra con un embande base-cabo en un rango entre 35% a 49%, es decir con coeficientes de abertura entre 0,74 y 0,67, sin embargo, este rango se puede ampliar a un embande base-cabo entre 25% y 53%, lo que implica valores para coeficiente de abertura μ_1 entre 0,8 y 0,65. En definitivo se da:

$$0,25 < \mathbf{Ec} < 0,53$$

$$0,80 < \mu_1 < 0,65$$

No debe olvidarse que la relinga superior sufre elongaciones en función de los materiales que los constituyen junto con las tensiones a los que son sometidos por efecto de la operación y equipamiento de cubierta. Lo anterior provoca cambios en los embandes y eventualmente roturas ("rajones") en la red. Para evitar esta situación se están usando materiales compuestos que disminuyen estos efectos no deseados.

Se debe mencionar que mientras mayor sea μ_1 menor será la profundidad de la tela trabajando y por ende el calado. Por lo tanto y de acuerdo a lo anterior debe existir una relación de compromiso en el diseño y armado de la red.

Volumen de encierre (Venc)

Es un parámetro funcional que indica el espacio que encierra la red calada, para el caso del presente estudio se usó la forma de cálculo de un barril semi esférico truncado, cuya forma de cálculo es:

$$Venc = (\Pi/6) * HTT * [3*((D/2)^2 + (d/2)^2) + HTT^2$$

Donde $D = LRS / \Pi$ y $d = D / 2{,}8$

Determinación del Peso Seco y Sumergido del Paño (Melo *et al*,2002)

$$P_{s/n}\ (Kg.) = N_{\phi T} * t_{\phi} * Rtex / 1*10^6$$

$$Rtex = 210 * N_{hilatas} * f / 9$$

$$N_{\phi T} = (A+a) * d$$

$$K_{nudo} = 1 + (16 * \text{Diámetro de Hilo}) * t_{\phi}$$

$$P_{c/n} = P_{s/n} * K_{nudo}$$

$$\text{Diámetro hilo (mm)} = 0{,}042*Rtex^{1/2} \text{ material no boyante}$$
$$= 0{,}055*Rtex^{1/2} \text{ material boyante}$$

Determinación de pesos

Existe una secuencia de cálculos para determinar el peso sumergido de los componentes que comienza con el peso seco de una red y se multiplica por un factor, para todas las estructuras de esta, así la forma de calcular el peso sumergido es:

$$\text{Peso Sumergido} = \text{Peso Seco} * 1 - \left(\frac{1025}{\text{densidad material}}\right)$$

Peso de Plomos	= Nª Plomos * $Peso_{c/plomo}$

Peso de cabos (seco)	= Longitud * Peso lineal del cabo

Peso de Anillas	= Nª anillas * $Peso_{c/anilla}$

Peso de Patas	= Nª patas * $Peso_{c/pata}$

Boyantez

El peso total de la red sumergida representa el valor mínimo de flotabilidad necesaria para que ésta no se hunda; si no existieran fuerzas contrarias a este peso (como el empuje), que son muy variables y dependientes de la operación de la misma red, comportamiento y captura del propio recurso, presencia e intensidad de corrientes entre otros: todas con un comportamiento altamente variable. Para no cuantificar los efectos producidos por los factores externos a la red mencionados se usa un factor para tener una boyantez en exceso (factor de seguridad), para tener control sobre situaciones no esperadas y asegurarse que la red no se hunda en operación. El factor de **Boyantez/peso** para los cuerpos se estima superior a 2,0 veces para cuerpos finos (considerando el peso sumergido) y entre 2,0 a 3,0 para cuerpos gruesos. La forma de calcularlo es sumar todas las componentes del cuerpo (o red) boyantes , generalmente sólo flotadores, y multiplicarlos por su boyantez específica (definida por el fabricante); luego se suman todos los pesos sumergidos de las estructuras no boyantes (densidad mayor que 1025 Kg/m^3) y se realiza el cuociente entre los totales.

4.2.2 Relaciones generales

Trata de caracterizar las redes objeto de este estudio, para ello se consideran una serie de parámetros básicos de construcción y las relaciones entre ellos como:

Relación de aspecto

Corresponde al cuociente entre la longitud de la tela armada (o relinga de flotadores) y la altura de tela estirada, sirve para caracterizar la red en una determinada pesquería y poder observar la diferenciación, evolución y tendencias de los nuevos diseños.

Otras relaciones de aspecto entre LRS y LRI

Se refiere a la diferencia porcentual entre el largo de la relinga de flotadores y la de plomos, generalmente se encuentra en un rango de 5% a un 10% mayor la relinga inferior, con el objeto de facilitar la caída de la red a una mayor profundidad y velocidad, cayendo más libre; y es la relinga superior la que resiste principalmente las tensiones producidas por los winches y equipos de virado.

Entre Longitudes, Áreas, Pesos y Boyantez

De acuerdo a los datos que se quieran revisar y comparar, se pueden hacer relaciones de aspecto con cualquiera de las características que se desee evaluar. El fin es poder estandarizar valores o asociar índices para poder comparar los distintos diseños de redes y su comportamiento. Para esto se asociaron características de diferentes dimensiones como longitudes, áreas, volúmenes y sus pesos respectivos (secos y sumergidos). Relaciones regresionales entre capacidad de bodega, longitud de tela estirada y altura de tela estirada

De algunos ajustes se han obtenido relaciones, como aproximación a los valores reales de la pesquería del jurel (*Trachurus murphyi*) en la zona centro sur, que se detallan a continuación:

$$LRS_{Bz} = 19,5 * BOD^{0,56}$$

BOD:Capacidad de bodega (m^3)

$$HTE_{Bz} = 51 + 0,065 * LRS$$

LRS en brazas

4.3 Metodología para la fracción empírica

4.3.1 Características generales y posicionamiento de sensores

Se especificaron las generalidades y características gruesas de las redes a las cuales se efectúan mediciones y análisis, también al conocer la red específica, objeto de las mediciones y la embarcación en que opera, se procedió a definir el posicionamiento, del o los sensores en puntos representativos de ella. También es importante conocer las características de la embarcación cerquera y el equipamiento de cubierta que ella posee para operar la red.

4.3.2 Mediciones de profundidad del calado de red cerquero

Estas mediciones se efectuaron con sensores marca MICREL, modelo P2T que incluyen un software y un lector óptico para leer los registros electrónicos almacenados. Además de lo anterior fue necesario un computador personal para extraer las lecturas del equipo, que previamente fue fijado en la relinga de plomos de la red cerquera. También el PC se utilizó para los posteriores análisis que se efectuaron de los valores registrados por el sensor.

Secundariamente a la profundidad cada 5 segundos, el sensor P2T registra la temperatura en ese instante. Las características y especificaciones técnicas del sensor se presentan en la TABLA I.

TABLA 1 : Especificaciones técnicas sensor Micrel P2T

Modelo	P2T150	
Memoria para datos	32 Mb con datos comprimidos	
Duración batería (LITHIUM)	10 años	
Tiempo	Reloj interno con calendario (+/- 0,01%)	
Largo (mm)	135	
Peso seco	0,80 kg	
Peso sumergido	0,35 kg	
	Profundidad	Temperatura
Rango	0 a 250 m	-5 a 45 ° C
Precisión	+/- 1 m	0,1 °C

4.3.3 Mediciones de velocidad y dirección de vientos y corrientes

De acuerdo al equipamiento del buque cerquero que operó las redes objeto de análisis, fue importante el que contaran con el instrumental necesario para el registro de factores como viento y corrientes. Cuando no existió la disponibilidad de estos equipos en las embarcaciones, se registraron valores usando el juicio experto del personal con vasta experiencia, como el

patrón o pilotos. Los equipos ideales requeridos para las mediciones son un correntómetro acústico de efecto Doppler y un anemómetro.

4.3.4 Tiempos de operación y tácticas de pesca

Los tiempos de operación se registraron con un capturador de datos con reloj interno, marca APPEX, que graba los tiempos de funcionamiento de cada winche (principalmente llave y puntero) y del lance en general. Para los mismos efectos se puede realizar esta actividad con un reloj digital y una ficha de registro.

En cuanto a las tácticas de pesca empleadas se consideraron los atributos y características del lance en forma de observaciones, con un formato de variables cualitativas, respecto de las maniobras y acciones que emprende el patrón de la nave. Estas observaciones de ser muy relevantes se incluyeron como notas para la aceptación o descarte del lance.

4.4 Revisión de los datos y orden de los registros

La revisión de los datos es principalmente la comprobación de que los registros sean fiel expresión de la realidad, sin las distorsiones de situaciones puntuales y no representativas del comportamiento real del arte. Esto implica la validación de valores, registros y mediciones antes de entrar en análisis posteriores.

Los análisis y resultados se efectuaron contrastando diferentes características en el calado para posteriormente integrarlas y tener una visión de conjunto del comportamiento del arte de cerco. El uso de un computador personal es indispensable para obtener las relaciones que se generan en el análisis y resultados de las asociaciones existentes entre los diversos parámetros que interactúan.

4.5 Resultados y Análisis

Los resultados de las mediciones fueron analizados desde tres enfoques: estáticos y sus características (ya detallado), cinemáticos apuntando a la descomposición de etapas en el comportamiento, considerando velocidad y aceleraciones. Finalmente las características propias del calado, como los tiempos en la operación y profundidades máximas que alcanza.

Para definir etapas en el calado se trabajó con tres redes tipos de 90, 100 y 110 brazas de altura de tela estirada, para cada una se analizó un lance con tres sensores ubicados en el primer cuerpo fino sin corte (proa), en el cuerpo fino central y en el último cuerpo fino sin corte (popa). Todo el análisis de los datos comenzó con el tiempo y profundidad registrados por el sensor (en la red), el valor que entrega el sensor es a intervalos de 5 segundos. Luego se suavizó la curva obtenida ampliando rangos de tiempo de 0,5 y 1 minuto. Para separar las etapas se analizó con un criterio gráfico, dados los valores obtenidos de la velocidad y sus

variaciones. Todo lo anterior se contrasta simultáneamente en la gráfica con el valor de la profundidad a ese instante.

Para definir las aceleraciones asociadas al calado se usó una herramienta teórica: recordando que al derivar la profundidad (una distancia) con respecto al tiempo se obtiene la velocidad ($v = dx/dt$), del mismo modo se puede decir que al derivar la velocidad con respecto al tiempo se obtiene la aceleración ($a = d^2x/dt^2 = dv/dt$). Usando este principio se tomó la velocidad cada 0,5 minutos (la velocidad cada 5 segundos tiene un comportamiento más errático y para 1 minuto es una aproximación más gruesa). Teniendo esta velocidad se procedió a hacer un ajuste lineal, para cada zona predefinida con la velocidad. Al tener una ecuación de este ajuste del tipo $v = mx+b$, se desprende que la pendiente m corresponde a la derivada de la velocidad con respecto al tiempo y al valor de la aceleración para el tramo que se defina. Otro producto útil de este ajuste lineal es el coeficiente de determinación R^2, que indica el nivel en que la variable independiente (tiempo) explica a la variable dependiente (la velocidad). De este modo el valor de R^2 indica el nivel de explicación del ajuste para la velocidad y en forma secundaria también entrega otro criterio para definir las zonas del comportamiento.

Teniendo todo lo anterior se realizaron ajustes para determinar qué variables pueden explicar mejor el comportamiento del arte de cerco (calado) y verificar el grado de incidencia de ellos. Finalmente se formularon las conclusiones finales para todas las características, consideraciones y relaciones observadas.

5. RESULTADOS

Los diseños que fueron objeto de este estudio pertenecen a tres diferentes empresas y en concreto son 8 redes cerqueras que operan en la zona centro-sur. Para los efectos de los análisis se les denominaron por su altura y un número de diseño.

5.1 Características estáticas de los diseños

Para los diferentes diseños de redes no existe una gran diferencia entre las distintas empresas, aunque sí de acuerdo al tamaño de la embarcación (implica diferentes volúmenes de pozo de red), que limitan el tamaño del arte, ya sea por alto o largo, otro factor limitante en la altura de la red es el virador triplex, ya que en la operación presenta problemas por no caber o se enreda en los mismos rodillos por ser mucha tela.

Para exponer los diseños, a continuación en la Tabla 2, se presentan las características geométricas de sus estructuras:

TABLA 2: Cuadro resumen de parámetros básicos de cada red.

	Red 90-1	Red 95-1	Red 100-1	Red 100-2	Red 105-1	Red 110-1	Red 110-2	Red 110-3
LRSup (bz)	695,29	659,77	719,8	754,3	724	659,8	681,5	764,4
LRInf (bz)	764,39	727,31	784,7	851,9	787	731,8	746,9	857,7
LTE (bz)	1011,9	954,6	1002,5	1143,0	1034,32	981,6	1007,8	1158,8
HTEmax (bz)	90	95	100	100	105	110	110	110
HTA (bz)	64,3	67,0	65,6	72,7	72,2	78,1	75,4	79,1
HTA (m)	117,6	122,6	120,1	133,0	132,2	142,9	138,0	144,7
$E_{C\ General}$	45,5%	44,7%	39,3%	51,5%	42,9%	48,8%	47,9%	51,6%
$E_{T\ General}$	31,3%	30,9%	28,2%	34,0%	30,0%	32,8%	32,4%	34,0%
$\mu 1_{General}$	0,687	0,691	0,718	0,660	0,700	0,672	0,676	0,660
$\mu 2_{General}$	0,727	0,723	0,696	0,751	0,714	0,740	0,737	0,751
$E_{C\ Sup}$*	49,3%	47,0%	38,9%	54,0%	42,9%	49,0%	46,0%	54,0%
$E_{C\ Inf}$*	36,0%	34,0%	28,0%	36,0%	32,0%	34,1%	33,0%	38,0%
$E_{T\ Sup}$*	33,3%	32,0%	28,0%	35,0%	30,0%	33,0%	32,0%	35,0%
$E_{T\ Inf}$*	26,0%	25,0%	22,0%	26,0%	24,0%	25,0%	25,0%	28,0%
$\mu 1_{Sup}$*	0,68	0,68	0,72	0,65	0,70	0,67	0,70	0,65
$\mu 2_{Sup}$*	0,74	0,73	0,69	0,76	0,71	0,74	0,72	0,76
$\mu 1_{Inf}$*	0,72	0,74	0,79	0,72	0,75	0,73	0,76	0,74
$\mu 2_{Inf}$*	0,69	0,68	0,62	0,69	0,66	0,68	0,65	0,68
Kt (teórico)	60,8%	60,0%	55,5%	61,9%	58,4%	60,4%	58,2%	61,2%
HTT (bz)	54,7	57,0	55,5	61,9	61,3	66,5	64,0	67,4
HTT (m)	100,2	104,3	101,5	113,4	112,2	121,6	117,1	123,3
C.A.	0,999	0,999	0,988	0,996	0,998	0,999	0,997	0,996
V encierre (bz^3)	1188556	1114259	1291008	1583251	1443452	1300476	1335460	1767945
Cbod (m^3)**	850	1000	850	1740	1500	985	1184	1525
Pot Motor Ppal (HP)	2140	2330	2240	5400	4398	2332	2244	3359

(*) Referido a los cuerpos finos centrales.
(**) Referencial para tamaño del PAM.

El hecho de que algunos diseños sean más "altos" o de una altura de tela estirada mayor, no implica necesariamente que tengan un mayor largo de su relinga superior o beta de la red, esto es porque los cuerpos en primera instancia tienen largos variables, con diferentes longitudes dadas para cada empresa y embarcación, en el caso de la red en su conjunto se tiene que los números de cuerpos también son variables. En un diseño original está definido el número total de cuerpos en la red relativamente constante, pero ya en uso existen muchas circunstancias que pueden influir en esto; de esta forma los cuerpos se sacan para reparaciones, a petición de los capitanes o en forma de castigo, cuando un patrón es muy recurrente en la destrucción de ellos. Por todo lo anterior las relaciones con la LRS pierden su validez, a no ser que sean consideradas como en el diseño original sin modificaciones.

Uno de los parámetros de diseño más importante es el embande con que se construye la red. Para reflejar esta característica se presentan los embandes base tela superiores e inferiores para cada cuerpo de los diseños de las redes objeto del estudio figura 12 y figura 13.

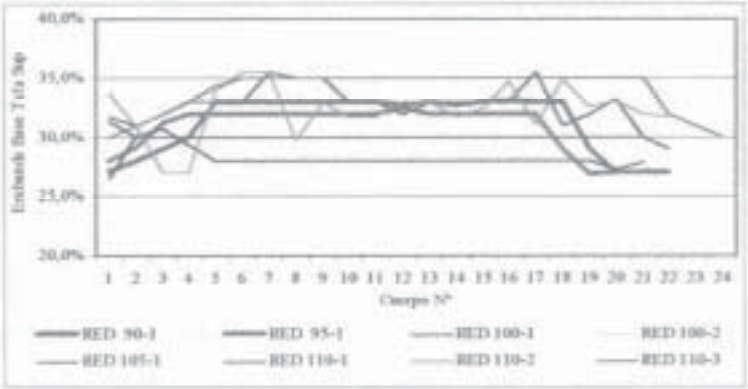

Figura 12: Embandes Base Tela Superior por cuerpo para las redes objeto.

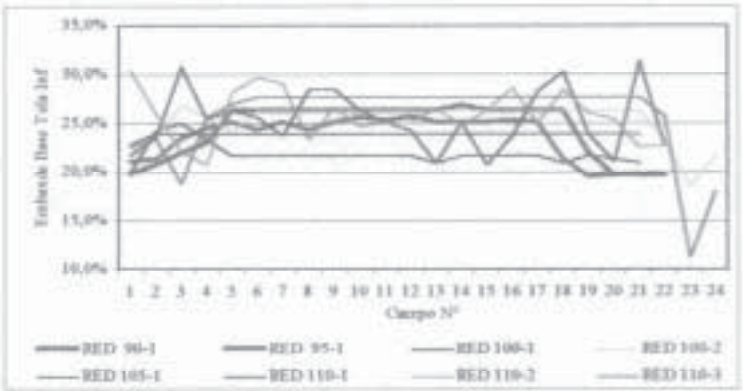

Figura 13: Embandes Base Tela Inferior por cuerpo para las redes objeto.

5.1.1 Relaciones entre los parámetros de construcción.

Estas relaciones están dadas entre elementos de una misma dimensión (longitudes, áreas, volúmenes o pesos) o entre valores de diferentes dimensiones (pesos por longitud por ejemplo). Todos estos valores representan una herramienta estandarizada para la comparación de los diferentes diseños. En la Tabla 3 se presentan los valores y posteriormente en el final de los resultados las relaciones o índices obtenidos con los pesos incluidos para relacionarlos con el calado. Se reitera el concepto de que los valores no tienen un orden secuencial al aumentar la altura por las variaciones en los largos de los cuerpos y en el número de estos (por ejemplo el caso del área de la Red 110-1).

TABLA 3: Parámetros referenciales de construcción.

Diseño	Longitudes						Área	Volumen de encierre**
	Horizontal			Vertical				
	LRSup (bz)	LRInf (bz)	LTE (bz)	HTEmax* (bz)	HTA medio* (bz)	HTA medio* (m)	Total** (bz²)	(bz³)
Red 90-1	695,29	764,39	1011,9	90	64,3	117,6	61575	1188556
Red 95-1	659,77	727,31	954,6	95	67,0	122,6	65667	1114259
Red 100-1	719,8	784,7	1002,5	100	65,6	120,1	66926	1291008
Red 100-2	754,3	851,9	1143,0	100	72,7	133,0	79200	1583251
Red 105-1	724	787	1034,32	105	72,2	132,2	68250	1443452
Red 110-1	659,8	731,8	981,6	110	78,1	142,9	52306	1300476
Red 110-2	681,5	746,9	1007,8	110	75,4	138,0	91125	1335460
Red 110-3	764,4	857,7	1158,6	110	79,1	144,7	116858	1767945

(*) Referido a los cuerpos finos centrales.
(**) Considerando solo la tela de la red, no las estructuras.

5.1.2 Aporte en peso de las estructuras de la red.

Para cada diseño es importante la caracterización del aporte de los pesos al total de la fuerza que facilita el hundimiento. A modo de ejemplo estándar, en el caso de la red 110-2, se presenta la figura 14, donde se muestra el aporte porcentual de sus estructuras, ordenados sus componentes desde flotadores hasta las anillas.

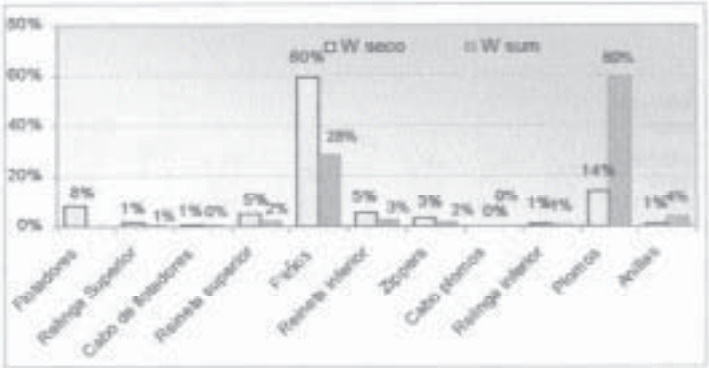

Figura 14: Ejemplo estándar de la distribución de pesos de una red (Red 110-2).

En el caso de los componentes de cada red y agrupados por categorías, se presentan en las figuras 15, 16, 17 y 18; junto con la variación porcentual de los pesos secos y sumergidos para cada tipo de red, sin considerar el peso de los flotadores por el efecto de pesar en seco y ser boyante cuando están operando.

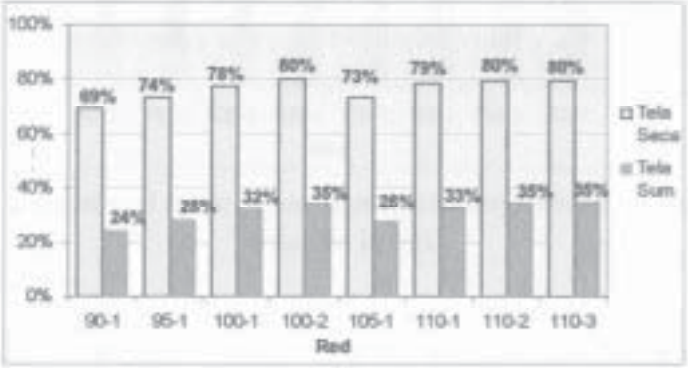

Figura 15: Variación porcentual entre pesos secos y sumergidos de las telas agrupadas con respecto al total de la red.

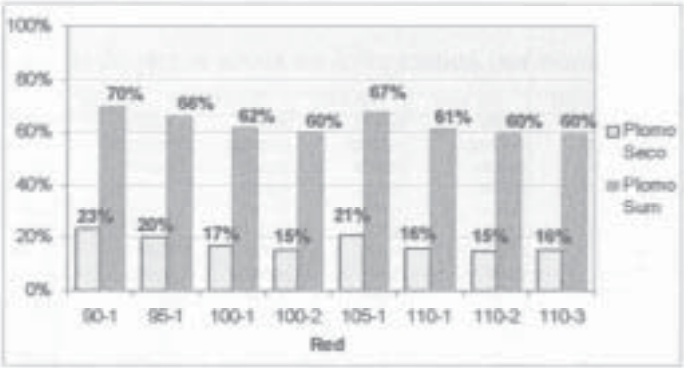

Figura 16: Variación porcentual entre pesos secos y sumergidos de plomos con respecto al total de la red.

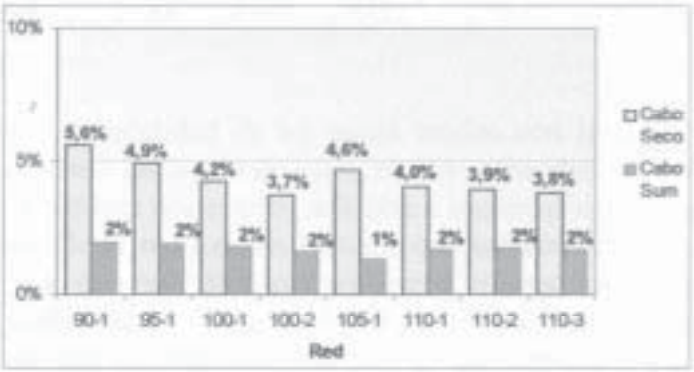

Figura 17: Variación porcentual entre pesos secos y sumergidos de los cabos agrupados con respecto al total de la red.

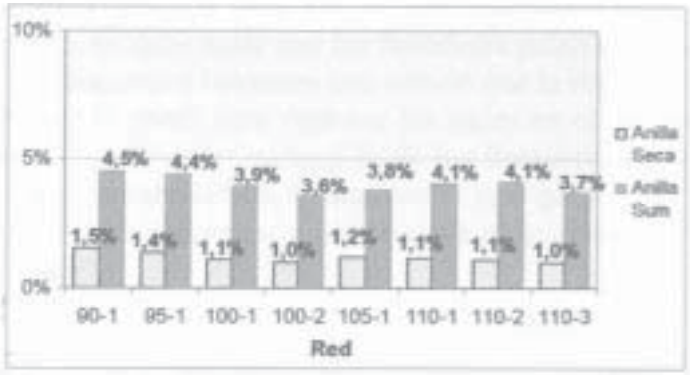

Figura 18: Variación porcentual entre pesos secos y sumergidos de las anillas con respecto al total de la red.

En términos más específicos en la TABLA 4 se presentan los pesos secos de todas las estructuras para cada red (entre paréntesis se indica el número de cuerpos de cada diseño) y en la parte inferior de la tabla se dan los totales de los pesos agrupados por los materiales que las componen.

TABLA 4: Cuadro resumen de pesos secos en kilogramos por componente para cada red.

Seco	90-1 (22)	95-1 (21)	100-1 (21)	100-2 (24)	105-1 (21)	110-1 (22)	110-2 (22)	110-3 (24)
Flotadores	4086,4	4729,9	4086,5	5439,0	4461,3	4383,5	4384,4	5511
Paños	17520,1	21336,9	29843,2	30322,9	31870,5	30398,1	31673,0	37341,9
Plomos	8262,0	7768,0	8205,6	8860,6	9586,0	7713,2	7423,6	8904,2
Reineta inferior	2824,6	2684,1	2824,5	3250,5	1886,4	2781,0	2836,2	3297,9
Reineta superior	2698,7	2580,0	2813,9	2936,4	1498,7	2579,9	2883,3	2986,3
Zippers	1536,9	1762,7	1577,6	1802,9	613,6	1848,8	1848,8	1983,2
Beta superior	834,9	790,9	861,7	857,4	883,3	791,4	757,6	885,0
Beta inferior	722,8	692,9	746,9	834,1	750,8	696,9	683,9	841,9
Anillas	545,2	531,1	531,1	559,3	551,0	545,2	545,2	559,3
Cabo corchos	299,9	287,2	287,2	304,3	374,9	299,9	382,0	325,3
Cabo plomo	133,0	126,8	136,5	148,2	126,8	127,3	130,0	149,2
total	39436,6	43290,3	52194,8	55318,6	52583,5	52123,2	53507,1	62785,6
Por Cuerpo Seco	1792,6	2061,4	2485,5	2304,9	2504,0	2369,2	2432,1	2616,1
Telas	24572,3	28383,7	37159,2	38315,7	35849,4	37585,9	38220,4	45630,4
Cabos	1990,7	1897,6	2032,4	2144,0	2135,9	1915,6	1933,5	2201,5
Plomos	8262,0	7768,0	8205,6	8860,6	9586,0	7713,2	7423,6	8904,2
anillas	545,2	531,1	531,1	559,3	551,0	545,2	545,2	559,3
Flotadores	4086,4	4729,9	4086,5	5439,0	4461,3	4383,5	4384,4	5511,3
total	39436,6	43290,3	52194,8	55318,6	52583,5	52123,2	53507,1	62785,6

Considerando la variabilidad de los pesos totales con respecto a la altura o de los cuerpos por diferencias entre los largos de estos, en sus embandes, materiales o estructuras; es recomendable para los análisis posteriores referirse a unidades de peso por braza. En el caso de la totalidad del peso de la red existen factores que influyen directamente en él, como el número total de cuerpos, que está dado por un diseño original que tiene cierta concordancia con el tamaño de la embarcación, aunque en uso existen muchas condiciones que lo pueden afectar; los cuerpos se van sacando por petición de los capitanes, para reparaciones, o en forma de castigo cuando un patrón es poco cuidadoso con sus materiales o los destruye frecuentemente.

Para los pesos sumergidos se presenta de la misma forma en la TABLA 5, para cada elemento que la compone. Se debe notar que los flotadores pasan de ser un peso más (en seco) a una fuerza en sentido contrario o boyantez que impide que la red se vaya completa al fondo, permitiendo que se forme la pared para capturar los peces en el encierro. Por lo anterior se explica la notación negativa del peso sumergido de los flotadores en la tabla y su valor está dado por especificaciones de fabricación de acuerdo al tipo que se esté usando. En esta tabla también se reitera el gran aporte del peso e importancia de los plomos y anillas en su función de "tirar la red hacia abajo".

TABLA 5: Cuadro resumen de pesos sumergidos en kilos por componente para cada red.

Sumergido	90-1 (22)	95-1 (21)	100-1 (21)	100-2 (24)	105-1 (21)	110-1 (22)	110-2 (22)	110-3 (24)
Flotadores (Boy)	-25098	-24693	-26975	-34015	-28236	-27097	-27144	-34472
Paños	1767,4	2152,4	3020,6	3058,9	3215,0	3066,3	3215,3	3766,9
Plomos	7176,3	6747,2	7127,3	7696,2	8328,3	6699,6	6448,0	7734,1
Reineta inferior	284,9	270,8	284,9	327,9	188,3	278,5	286,0	332,7
Reineta superior	271,2	268,3	283,9	296,5	151,2	260,3	268,7	301,2
Zippers	155,2	177,8	159,1	181,9	61,9	186,5	186,5	200,1
Beta superior	84,2	79,8	86,9	86,5	89,1	79,8	76,4	89,3
Beta inferior	72,9	69,9	75,3	84,1	75,7	70,3	69,0	84,9
Anillas	465,4	453,3	453,3	477,4	470,3	465,4	465,4	477,4
Cabo corchos	30,3	29,0	29,0	30,7	37,8	30,3	36,5	32,8
Cabo plomo	13,4	12,8	13,8	15,0	12,8	12,8	13,1	15,1
total	10321,3	10253,2	11534,1	12255,9	12828,5	11149,7	11064,9	13034,5
Por Cuerpo Sum	469,1	488,2	549,2	510,8	601,4	506,8	502,9	543,1
Telas	2476,8	2661,3	3748,5	3965,2	3616,4	3791,6	3966,4	4660,9
Cabos	200,8	191,4	205,0	216,3	215,4	193,2	195,0	222,1
Plomos	7176,3	6747,2	7127,3	7696,2	8328,3	6699,6	6448,0	7734,1
anillas	465,4	453,3	453,3	477,4	470,3	465,4	465,4	477,4
Flotadores	-25098,6	-24693,1	-26974,6	-34014,9	-28236,0	-27096,8	-27143,6	-34472,6
total	10321,3	10253,2	11534,1	12255,0	12828,5	11149,7	11064,9	13034,5

5.1.3 Relación Boyantez-Peso

Para las redes objeto del estudio se presenta en forma general sus relaciones entre boyantez y el peso sumergido (Tabla 6), junto con un valor medio de esta relación para los cuerpos finos de cada red.

TABLA 6: Cuadro resumen de boyantez-peso de cada red.

Diseño	Relación total Boy/Peso	Boy/Peso media en C. Finos
RED 95-1	2,431	2,203
RED 90-1	2,408	2,298
RED 100-1	2,339	2,210
RED 105-1	2,776	2,510
RED 110-1	2,236	2,305
RED 110-2	2,430	2,242
RED 100-2	2,453	2,177
RED 110-3	2,645	2,478

La variación entre los cuerpos de la relación boyantez-peso se presenta en la figura 19, se debe hacer notar que el valor neutro o uno, significa el valor mínimo para que la red esté en equilibrio, es decir que el menor peso o carga produciría que la red se hundiera completa al

fondo. En la gráfica los mínimos valores son superiores a esta zona neutra en todos los casos, para análisis posteriores se trabajará con la boyantez-peso total de las redes.

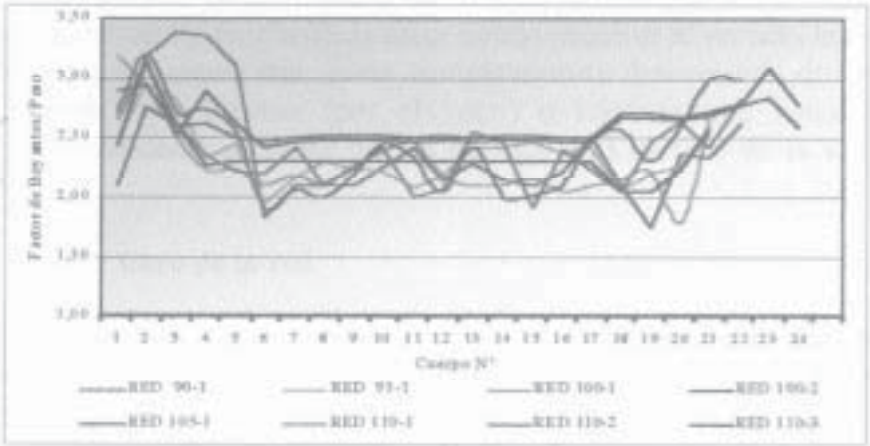

Figura 19: Variación de la relación boyantez-peso entre cada cuerpo para cada diseño de red.

5.2 Comportamiento Cinemático del arte de cerco.

Se refiere a la descripción de las características propias de los movimientos que se producen en el calado y virado de una red cerquera. Estas particularidades con un enfoque cinemático dan una inmejorable visión analítica de qué es lo que sucede con una red de cerco en operación. En general se revisa lo que pasa con la velocidad, y a partir de ésta lo que sucede con la aceleración.

Este análisis esta referido en términos comparativos entre los diseños y entre sus diferentes posiciones (y los conceptos que se pueden desprender de sus resultados y gráficas) en la descripción de las características cinemáticas de velocidad y aceleración, que se producen en el lance de las redes en su generalidad. Se presentan análisis por separado de estos aspectos, además de revisar luego la relación del calado con factores de diseño, como la cantidad de kilos por braza de plomos.

En rigor se definen cuatro zonas bajo el criterio de los valores para las situaciones expuesta gráficamente. En los puntos observados en las gráficas, se aprecian bandas de interacción de velocidades entre rangos definidos, exceptuando en el inicio donde la red cae libremente, es decir, sólo con las tensiones producidas en el calado de la embarcación, entre el barco y el ancla de mar. En las etapas posteriores las bandas están claramente definidas y se infiere que al haber una situación de cambio de la variación de las velocidades, esta se debe a la interacción con un nuevo agente participante, como los equipamientos de cubierta. La situación de la disminución de la velocidad y el llegar a un máximo físico posible (limitado por la altura de la red), se considera como constante y su comportamiento se asume homogéneo e igual para todos los lances en cada red. De este modo los quiebres que se

producen, o cambios bruscos en la velocidad de la red, se originan en la acción de agentes activos que generan tensiones: winches puntero, llave y el virador de red.

Se generan cuatro zonas en la operación de la red, analizándolo desde el punto de vista de la velocidad y la aceleración. Este análisis no se podría observar al ver sólo la profundidad y el tiempo, así es como se genera una visión completamente desconocida de un lance que se asumía sin cambios muy bruscos (por el autor) o relativamente homogéneo de estas características cinemáticas. Las zonas que se definen para el caso de la velocidad son las siguientes:

- Zona I: **Caída libre de la red**

En esta parte la red alcanza la máxima velocidad después de un incremento constante, su duración es breve y no se prolonga más allá de 1,5 minutos desde la caída del cuerpo al agua, al final de esta etapa y después del tope, le sucede un decrecimiento de este vector. Aquí se asocia una caída libre, influenciada por la fricción de contacto agua-tela y las tensiones producidas por la interacción arte-panga-embarcación, por el winche puntero y principalmente por la llave con tensiones horizontales (recordar que la velocidad de caída de la red es mayor que la del cable de la llave, por esto la red "tira" a la llave produciendo tensiones).

- Zona II: **Acción del Winche Puntero**

En esta etapa después que la red ya alcanzó su máxima velocidad (o rápido incremento inicial), se genera una banda de variación de las velocidades (patrón que se presenta para el resto del lance); estas variaciones o bandas de velocidades en la realidad significa que la red está sometida a tensiones activas que producen "tirones" desde la embarcación, esto es una reacción del arte a la suma de las acciones del equipamiento de cubierta, el rolido y cabeceo de la embarcación, además de los desplazamientos horizontales de la red, que la arrastran hacia el barco (no se debe olvidar que las mediciones de profundidad reflejan solo movimientos verticales y no los horizontales).

En esta zona (II) se aprecia la acción activa del winche puntero (que tira del arte para producir el cerco) y pasiva de la llave (al estar tensa no favorece el descenso),. La acción de estos winches permite que la velocidad sea positiva (sigue hundiéndose la red), pero los valores de esta velocidad van disminuyendo sin que lleguen a hacerse cero. Termina con la acción de la llave o con el freno de esta (participación activa). En este momento se produce una superposición de influencias de los winches puntero y principal, aunque este último generalmente con una participación no activa, dependiendo esto de las tácticas del patrón o de si sea una situación especial (en poco fondo).

- Zona III: **Acción de la Llave**

Esta etapa se inicia con la participación activa sobre el arte de la llave (en la posición que esté el sensor), que trabaja a su máxima velocidad normal de trabajo (a algunos capitanes no les agrada virar la llave a toda velocidad porque creen que la red se levanta o que le hunde los flotadores, escapando los peces por debajo o arriba de la red). Con la tensión activa que genera la llave y la posición sobre el arte en que actúa (distinta al puntero), se genera una banda de variaciones de velocidad diferentes a la zona anterior. El puntero puede estar virándose aún o ya estar detenido, esto está dado por la táctica que emplee el capitán pesquero.

El fin de esta etapa es cuando la velocidad se hace cero o negativa, este momento coincide con la profundidad máxima que alcanza el calado de la red y esto es debido a que se suma la acción del virador de red (de tres rodillos para estos casos). De aquí hasta el cierre de la llave (cierre inferior del cerco), aproximadamente 30 minutos, van a operar simultáneamente el virador de la red y el winche principal.

- Zona IV: **Virado de Red**

Esta etapa está regida y caracterizada por la subida de la red a bordo de la embarcación. En síntesis se puede decir que cuando la banda de variaciones se mueve desde un valor negativo a cero se está en la etapa IV, el valor negativo de la velocidad ajustada nos indica que la red está siendo subida o virada. Las características de diseño del arte dejan de importar, pues los movimientos que se produzcan en la red lo dan sólo los equipos de virado. Como consideración final se puede decir que cuando termina esta etapa la red (en la posición del sensor) ya está en el pozo.

5.2.1 Velocidad

Para este aspecto se presentan las figuras 20 la 28, que representan un lance tipo o característicos para los diseños de redes de 90, 100 y 110 brazas de altura de red, medidos en el primer cuerpo fino, cuerpo fino central y último cuerpo fino de cola.

A continuación se presentan las gráficas de profundidad, velocidades con valores instantáneos (cada 5 seg.), cada 0,5 minuto y 1 minuto; para diseños de 90, 100 y 110 brazas, agrupados por la posición del sensor en la red.

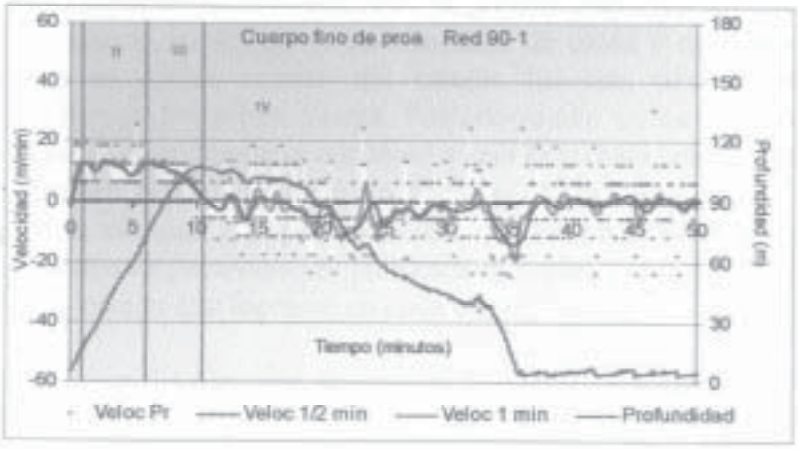

Figura 20: Velocidad y calado de un lance tipo en el primer cuerpo fino de proa para red 90-1.

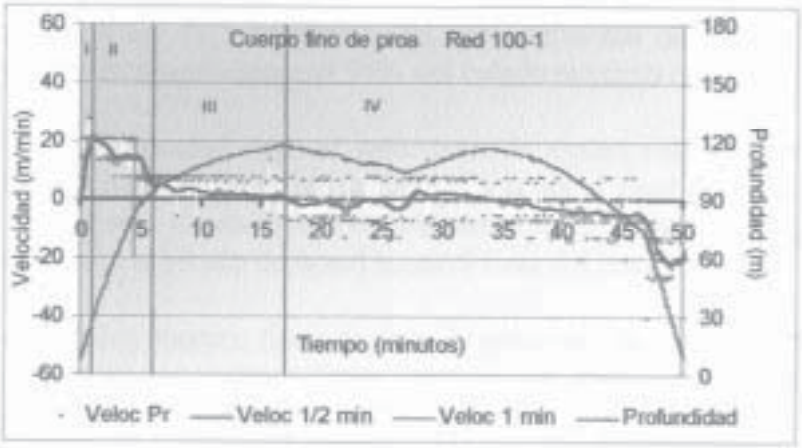

Figura 21: Velocidad y calado de un lance tipo en el primer cuerpo fino de proa, red 100-1.

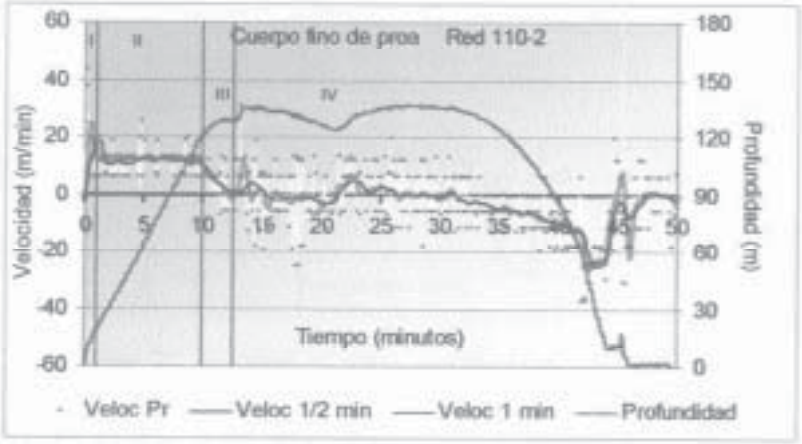

Figura 22: Velocidad y calado de un lance tipo en el primer cuerpo fino de proa, red 110-2.

Para las velocidades de los cuerpos finos de proa se puede apreciar que desde el inicio del calado hay un aumento sostenido de la velocidad de caída y que esta fluctúa entre los cuarenta segundos y el primer minuto del calado. En este tiempo las redes alcanzan profundidades del orden de los veinte metros. Posteriormente en los tres casos se produce un tiempo donde la velocidad se mantiene oscilante y con descensos, esta condición se presenta hasta los seis minutos en el caso de las redes de 90 y 100 brazas y para la red de 110 bz se extiende hasta los diez minutos. Las profundidades que tienen al final de este tiempo son de 72,6; 93,1 y 121,5 metros respectivamente para cada ejemplo, y que representan un 68%, 79% y un 88% del máximo calado que lograrán en cada caso.

Luego aparece una disminución progresiva, sostenida y relativamente constante de la velocidad en los tres ejemplos y que tiene su fin asociado al alcanzar el valor cero, antes que esta se haga negativa lo que implicaría el ascenso o virado del arte. El hecho de que la velocidad se haga cero también se relaciona con la máxima profundidad que alcanza la red, que en términos generales deja de descender. Para estos casos se producen calados de 107 metros a los 10,5 minutos para la red de 90 bz, 118 metros a los 17 minutos para la red de 100 bz y de 128,2 metros a los 12,5 minutos en el caso de la red de 110 bz de alto. En este momento las redes han alcanzado sobre el 95% del calado máximo que lograran en el lance.

Después que la velocidad llega al valor cero, le siguen valores negativos que llegan hasta un valor máximo de 20 m/seg, esta secuencia y hasta el final del calado tiene una gran irregularidad en sus valores y está asociado directamente con la operación del equipamiento de cubierta representando el virado de la red hasta el final del lance.

Al igual que en los cuerpos finos de proa se presentan las figuras 23, 24 y 25 para las mediciones efectuadas en los cuerpos finos centrales en forma simultánea, esto explica el desfase en los tiempos de inicio de las lecturas o de calado.

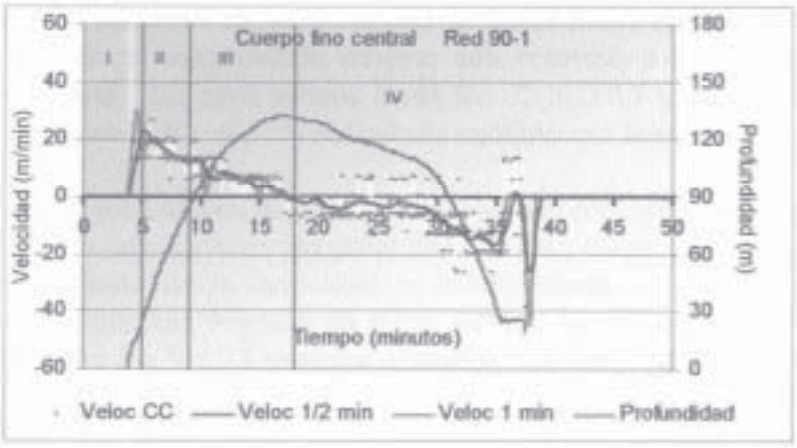

Figura 23: Velocidad y calado de un lance tipo en el cuerpo fino central de la red 90-1.

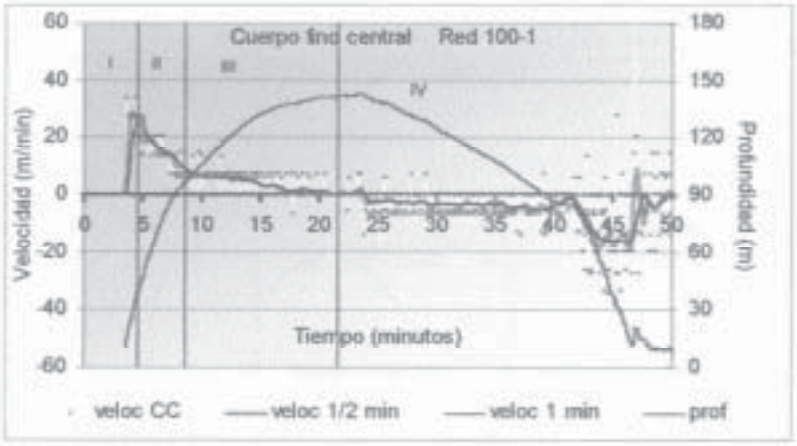

Figura 24: Velocidad y calado de un lance tipo en el cuerpo fino central de la red 100-1.

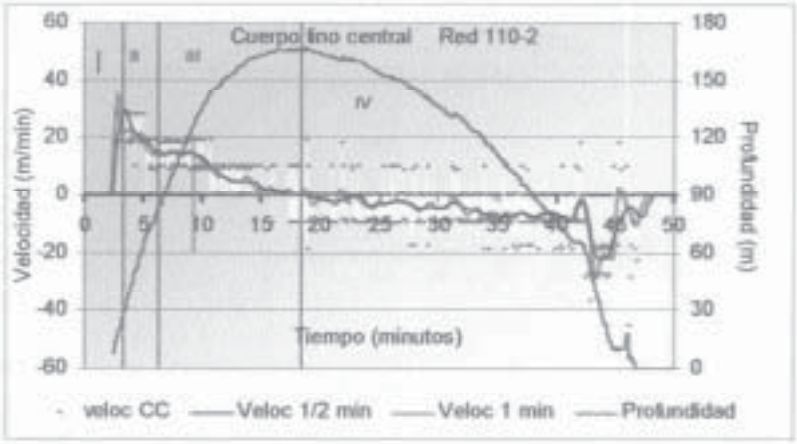

Figura 25: Velocidad y calado de un lance tipo en el cuerpo fino central de la red 110-2.

Al igual que las velocidades de los cuerpos finos de proa los cuerpos centrales de los tres diseños tienen un aumento en su velocidad de caída hasta aproximadamente el primer minuto de trabajo (con el mencionado desfase con respecto a los cuerpos de proa), las profundidades van desde los cero metros hasta los 22,5; 37,7 y 28,2 metros en cada red respectivamente (entre el 17% y el 27% del calado máximo que lograrán).

A diferencia de los cuerpos de proa, en los cuerpos centrales, después del aumento de la velocidad, se registra una disminución progresiva de esta, etapa que dura entre tres y cuatro minutos. El decrecimiento de la velocidad es relativamente constante y al final de este comportamiento las redes han logrado un 63%, 67% y un 50% de los diseños revisados. Consecuentemente entre los 9 y 13 minutos posteriores la velocidad continúa disminuyendo, aunque con una tasa menos pronunciada, hasta hacer cero su valor y alcanzando ya un 99% del calado máximo en cada caso. Posteriormente incide directamente la acción del equipamiento de cubierta con la parte final del cierre de la llave y el virado del arte. En las figuras 26, 27 y 28 se muestran los comportamientos de la velocidad y el calado en el último cuerpo fino (popa) para estos lances.

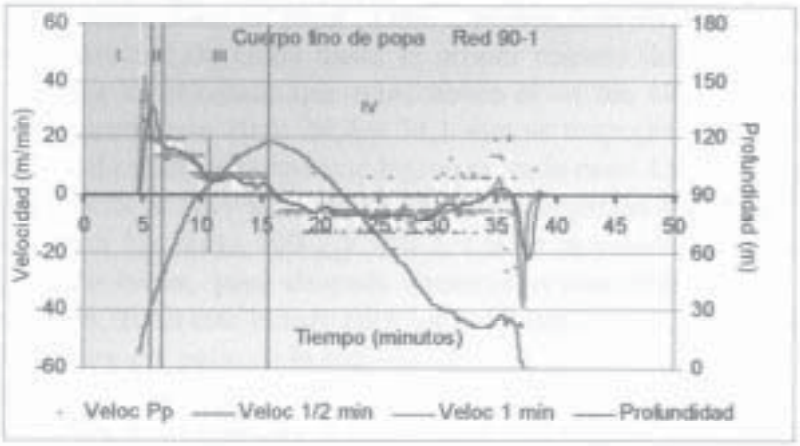

Figura 26: Velocidad y calado de un lance tipo en el último cuerpo fino de popa para red 90-1.

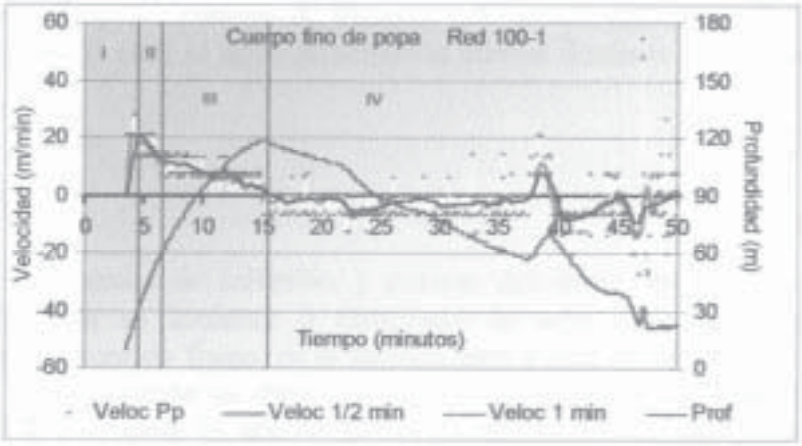

Figura 27: Velocidad y calado de un lance tipo en el último cuerpo fino de popa, red 100-1.

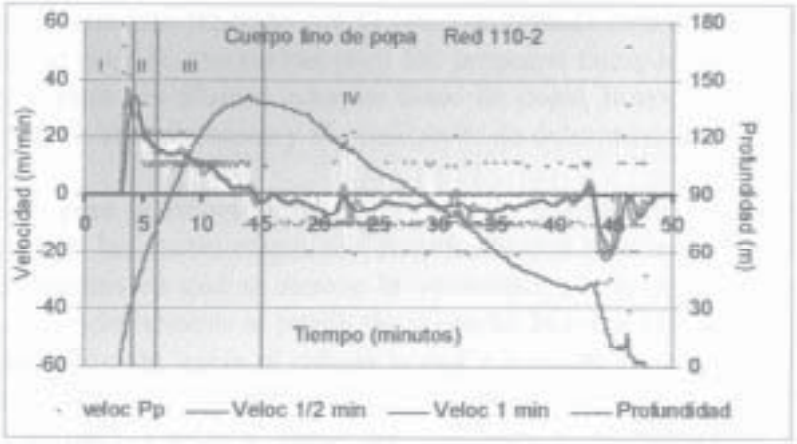

Figura 28: Velocidad y calado de un lance tipo en el último cuerpo fino de popa, red 110-2.

Los últimos cuerpos finos de popa también presentaron en la etapa inicial del calado un aumento en su velocidad de caída hasta el primer minuto de trabajo en los tres casos (considerando el desfase en el calado que estos tienen al ser los últimos en caer al agua), las profundidades que alcanzan son 30,6; 29,2 y 34,1 metros respectivamente y que representan un 26%, 25% y 24% del calado máximo que logran en cada caso. En los 2 minutos posteriores ocurre una disminución de la velocidad en los tres casos llegando a un 41% del calado para la red 90-1 y un 50% para las redes 100-1 y 110-2. Luego la velocidad se hace relativamente estable por un periodo breve, para después decrecer a una tasa distinta a la del primer descenso y llegar a cero. Todo esto ocurre para los tres casos en 9 minutos y alcanzan sobre un 98% del calado final para esa parte de la red.

En general se puede desprender que las redes alcanzaron su máxima profundidad de trabajo en 14 minutos para los cuerpos finos de proa, 16 minutos para los cuerpos finos centrales y 11 minutos para el último cuerpo fino de popa contados desde que caen al agua. Estos valores y sus variaciones en los tiempos absolutos se explican por las diferencias de los largos de los cuerpos y del número de cuerpos que tenían cada red (22, 21 y 22 cuerpos respectivamente), así al caer al agua presentaban ciertos desfases de tiempo al compararlos entre sí.

5.2.2 Aceleración

Describe los puntos de inflexión y críticos del lance, en el sentido de hasta qué momento en la caída se aumenta o disminuye la velocidad, con qué incrementos o decrementos y en un sentido físico, es la medida para poder dimensionar las fuerzas que se ejercen, ya que la aceleración es directamente proporcional con la resultante de todas las fuerzas que interactúan sobre el arte, y en particular en la posición donde se efectúan las mediciones del lance con el sensor de profundidad.

La aceleración está dada por la pendiente de la ecuación del ajuste lineal para la velocidad cada 0,5 minutos. El valor de la aceleración y de R^2 ayuda a inferir importantes indicios de qué es lo que está pasando con la red. Las figuras 29 a la 37 muestran las gráficas de velocidad y los ajustes de sus curvas para los primeros cuerpos finos o de proa, para los cuerpos centrales y para los últimos cuerpos finos de popa; junto con las pendientes de los ajustes que representan la aceleración y el coeficiente de determinación.

Al igual que para la velocidad se definieron las mismas cuatro zonas en el lance, los puntos de frontera para las cuatro etapas son cuando alcanza la máxima velocidad, cuando hay un cambio en las bandas en que se mueve la velocidad y cuando esta se hace cero. Como generalidad para las aceleraciones se puede decir que en la etapa I es la única siempre positiva y la mayor, ya que es donde inicia el calado la red y aumenta la velocidad hasta un máximo restringido a las tensiones horizontales. La zona II muestra el inicio de las aceleraciones negativas (desaceleración) y estas se presentan con valores más variables, aunque en general se mueven en negativos cercanos a cero, esta diferencia se puede deber a las distintas tácticas

y caracteristicas técnicas de los equipamientos de cubierta que utiliza cada diseño de red en su operación (implica diferentes barcos). En la zona III la aceleración se hace más negativa (desacelera), hasta que la velocidad alcanza el valor cero, aquí la red alcanza la máxima profundidad en su calado en sus diferentes posiciones. Finalmente a partir de la zona IV la aceleración tiende a ser cero o muy cercano a este valor y la velocidad a ser negativa (subiendo), esto se explica porque la acción del virado de la red tiende a ser con una velocidad constante, obviamente que desde un punto de vista de una curva de velocidad suavizada con intervalos de tiempo mayores, 0,5 o 1 minuto por ejemplo. Al ser la velocidad constante no hay aceleración hasta que la red es subida a la embarcación y todas las fluctuaciones que se puedan producir en esta zona se deben mayoritariamente a las variaciones del virador de red (figuras 29 a 37).

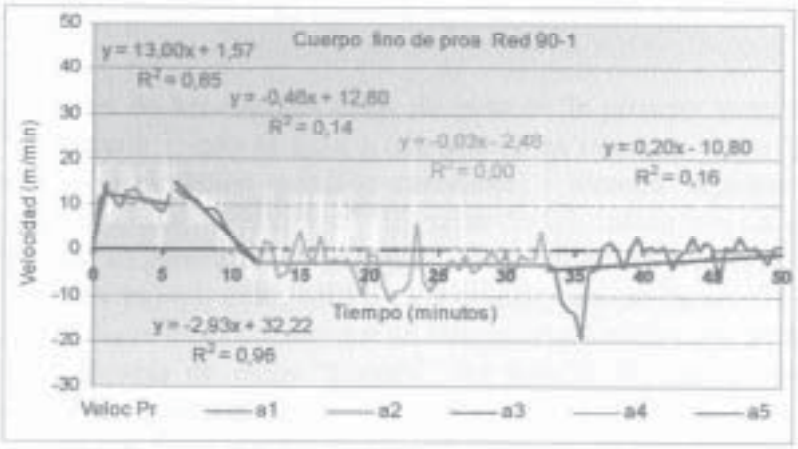

Figura 29: Velocidad y pendientes de un lance tipo en el primer c. fino de proa, red 90-1.

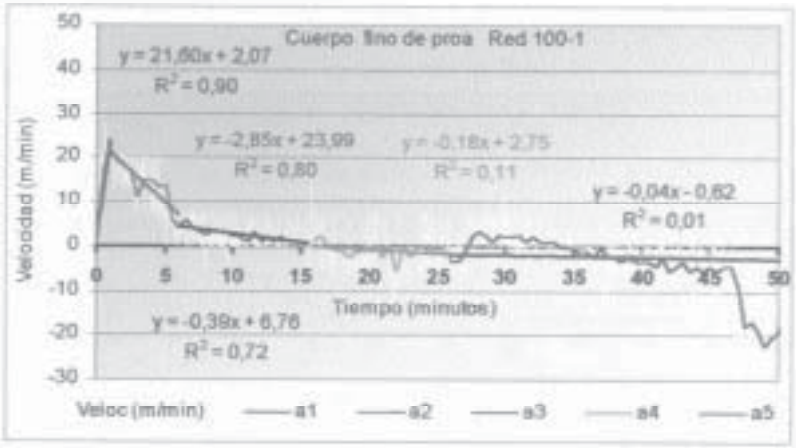

Figura 30: Velocidad y pendientes de un lance tipo en el primer c. fino de proa, red 100-1.

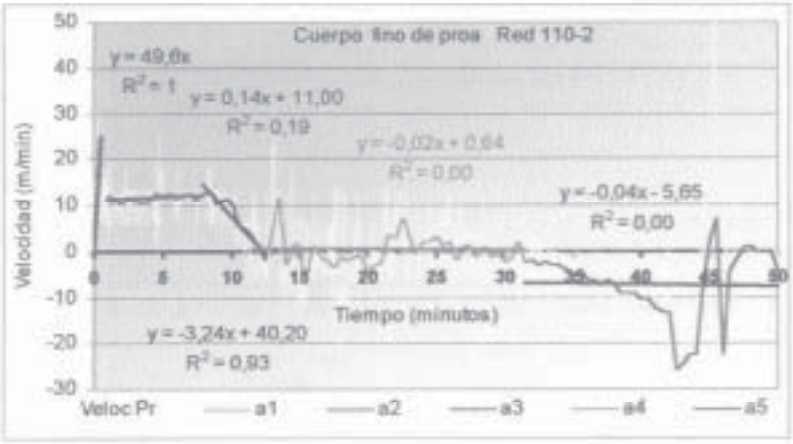

Figura 31: Velocidad y pendientes de un lance tipo en el primer c. fino de proa, red 110-2.

Las aceleraciones de los cuerpos finos de proa en la primera zona son generalmente altas y con un R^2 cercano a 1, esto se debe a que este es un intervalo corto (pocos puntos), en que la red tiene una aceleración positiva constante y alcanza rápidamente su máxima velocidad que se asocia a una "caída libre". El valor de R^2 indica que en esta zona hay una aceleración estable, que es generada por gravedad. En la zona II se presentan desaceleraciones más variables (R^2 más bajos), estas diferencias se originan en la acción del puntero y la tensión del cable de la llave en el calado que se transmite a los cuerpos de proa, su acción es más directa por la cercanía de estos "tirones" del winche puntero y movimientos de la embarcación. La zona III presenta un incremento de la desaceleración con respecto de la anterior, hasta el punto que hace que la velocidad se haga 0, esto es claramente producido por la acción de la llave; es interesante notar que el efecto de este winche produce una desaceleración constante para cada diseño de red expuesto en esta posición (indicado por los altos valores de R^2). Los valores para la etapa IV tienden a ser ceros reflejando la acción del virado de la red a una velocidad constante, en cuanta a la variabilidad de la velocidad que aqui se produce, es reflejo de la acción mecánica que se ejerce en esta zona.

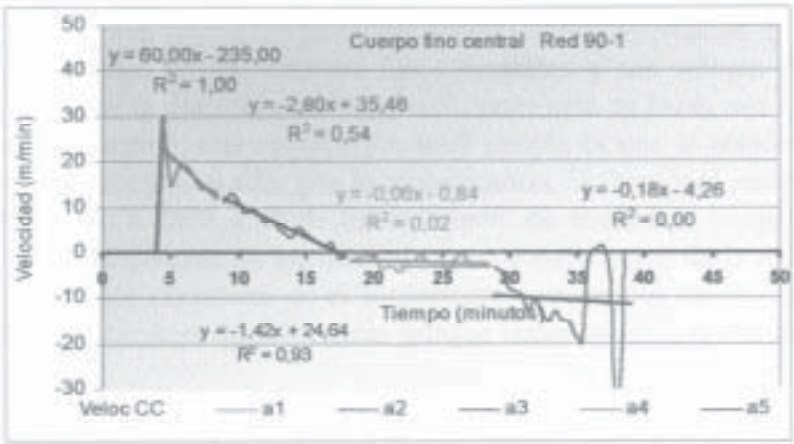

Figura 32: Velocidad y pendientes de un lance en el cuerpo fino central, red 90-1.

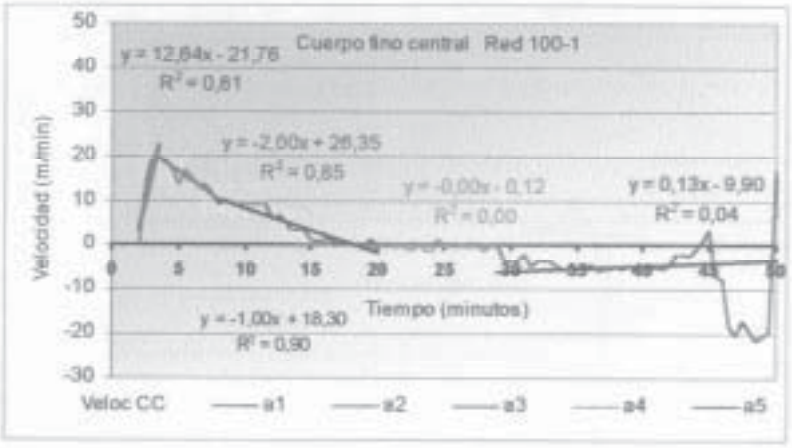

Figura 33: Velocidad y pendientes de un lance en el cuerpo fino central, red 100-1.

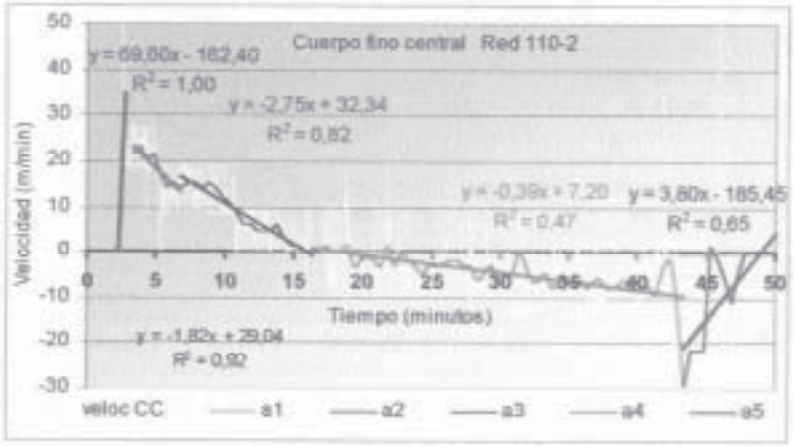

Figura 34: Velocidad y pendientes de un lance en el cuerpo fino central, red 110-2.

Para las mediciones en los cuerpos finos centrales y sus valores de aceleración, la variación más importante se presenta en la zona II, pues esta se hace más constante (R^2 más alto que en los otros cuerpos), una explicación muy simple es que la acción de frenado de la red (tensiones horizontales producidas por la embarcación, la llave y el puntero), se presentan más homogéneas debido a su lejanía de estas fuentes de tensiones, lo que permite que los esfuerzos que generen se disipan en los otros cuerpos y estructuras de la red. El indicador de que la aceleración es más constante es el importante incremento de los valores de R^2. Las variaciones en zona IV carecen de relevancia porque están condicionadas fundamentalmente al virador de red.

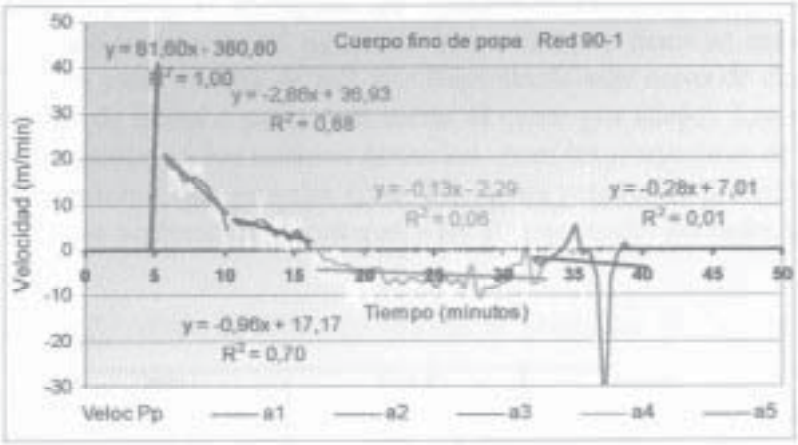

Figura 35: Velocidad y pendientes de un lance tipo en el último cuerpo fino de popa, red 90-1.

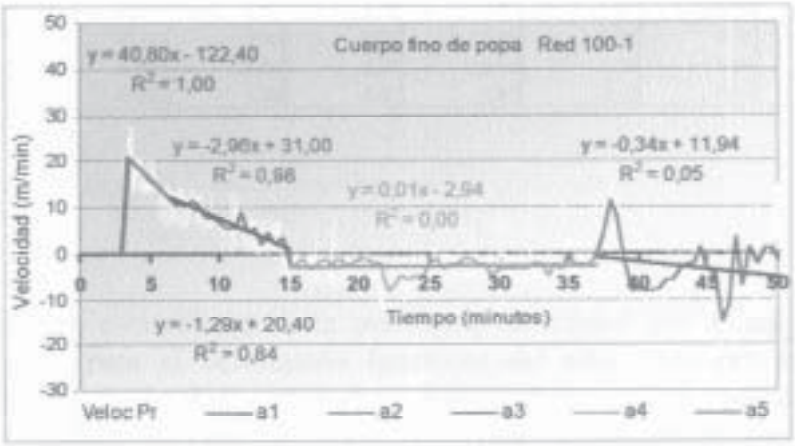

Figura 36: Velocidad y pendiente de un lance tipo en el último cuerpo fino de popa, red 100-1.

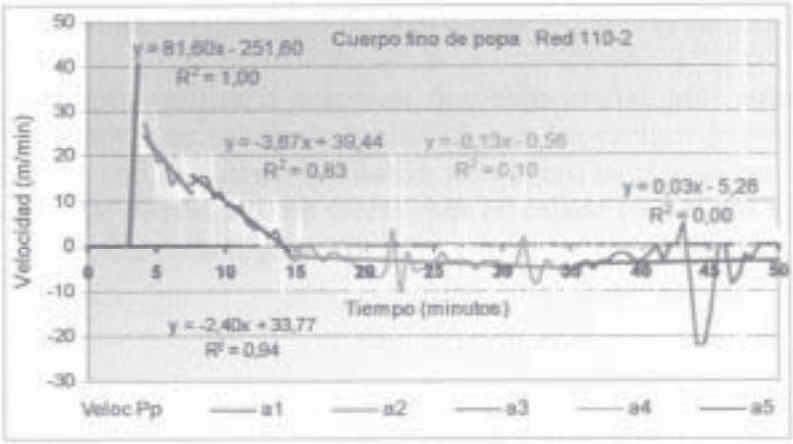

Figura 37: Velocidad y pendiente de un lance tipo en el último cuerpo fino de popa, red 110-2.

En las figuras 35, 36 y 37 se expone los registros de los cuerpos finos de popa que son los que están el menor tiempo en el agua. En estos cuerpos finos se refleja el efecto del winche principal, calón y del virador de red, por encontrarse más cerca de ellos (la llave "tira" desde la parte de atrás de la red o popa para cerrar el cerco por abajo). Los efectos de ambos winches se ven disminuidos en los cuerpos centrales, pues las estructuras de la red (de proa y popa) absorben las tensiones que generan estos. En forma general se presenta la Tabla 7, que muestra los valores de la aceleración por etapas y los R^2 para todas las redes y posiciones.

TABLA 7: Resumen de todos los valores de velocidad y R^2 calculados.

Cuerpo Fino	Diseño	Zona I		Zona II		Zona III		Zona IV	
		Aceleración	R^2	Aceleración	R^2	Aceleración	R^2	Aceleración	R^2
Proa	Red 90-1	13,00	0,85	-0,46	0,14	-2,83	0,96	-0,03	0,00
	Red 100-1	21,60	0,90	-2,85	0,80	-0,39	0,72	-0,18	0,11
	Red 110-2	49,60	1,00	0,14	0,19	-3,24	0,93	-0,02	0,00
Centro	Red 90-1	60,00	1,00	-2,80	0,54	-1,42	0,93	-0,06	0,02
	Red 100-1	12,64	0,81	-2,00	0,85	-1,00	0,90	0,00	0,00
	Red 110-2	69,60	1,00	-2,75	0,82	-1,82	0,92	-0,39	0,47
Popa	Red 90-1	81,60	1,00	-2,86	0,88	-0,96	0,70	-0,13	0,06
	Red 100-1	40,80	1,00	-2,96	0,98	-1,29	0,84	0,01	0,00
	Red 110-2	81,60	1,00	-3,67	0,83	-2,40	0,94	-0,13	0,10

5.3 Calado

Este parámetro está referido a la máxima profundidad que alcanza la red y es un importante indicador para el desempeño funcional del arte. Para esta característica nos referimos exclusivamente al calado máximo medido en el cuerpo fino central, debido a que no se dispone de los registros para los cuerpos finos de proa, popa y centro, por la limitante de la disposición de sensores para este efecto, de este modo en la colección para las mediciones se privilegió en primera instancia el cuerpo fino central (medida aproximada para toda la red y la pared con que interceptan a los peces en el lance), luego si había disponibilidad de más sensores se colocaron en los cuerpos finos de proa o popa.

En las mediciones realizadas aparecen dos experiencias muy interesantes. En una primera instancia se muestra un calado de la red 100-1 en los cuerpos de proa y central (figura 38), que por problemas con su sistema hidráulico tuvo la red en el agua por más de tres horas y media. Y por otra parte se presenta las mediciones de calado para la red 100-1 en diferentes posiciones desde proa hacia popa (figura 39).

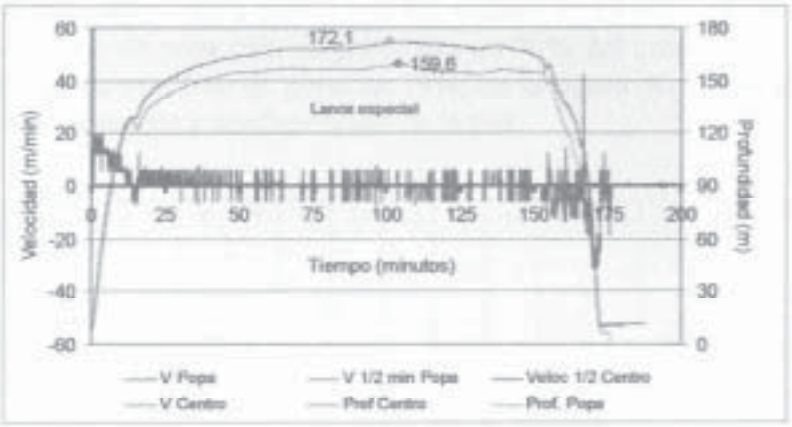

Figura 38: Velocidad y profundidad de un lance especial medido en el cuerpo fino central y último cuerpo fino de popa para red 100-1.

En este caso especial la variación de la velocidad es mínima y sus rangos constantes y definidos, lo que sugiere que no hay aceleración (negativa), en efecto lo que sucedió en este lance fue que los winches no funcionaron (virando) por más de tres horas. La variación un poco más amplia de la velocidad del cuerpo de Popa se debe sólo a la tensión que ejercía el barco que se transmite mayormente a este cuerpo que al central.

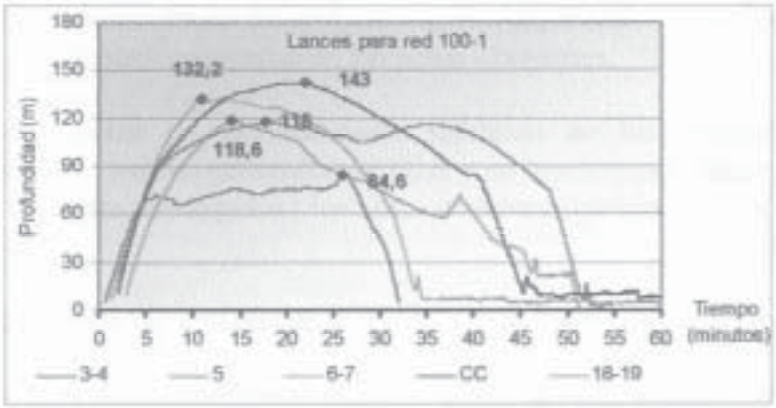

Figura 39: Profundidad para varios lance en diferentes posiciones en red 100-1 (21 cuerpos).

Esta experiencia de medir (cada uno por separado), es una visión interesante sobre el trabajo de una red en su totalidad a petición expresa de un jefe de taller de redes (figura 39). La red tiene 21 cuerpos y la notación que se usó, fue enumerarlos desde el copo hacia popa, los valores que tienen dos números de cuerpos, expresan que el sensor fue ubicado entre estos cuerpos y no en el centro.

En términos generales y de acuerdo con los valores registrados (n=25) se puede decir que el primer cuerpo fino de proa cala en promedio un 90% del calado del cuerpo central y para el caso del último cuerpo fino de popa un 79%, en la figura 40 se presenta un esquema con la ubicación de los sensores y configuración de la red.

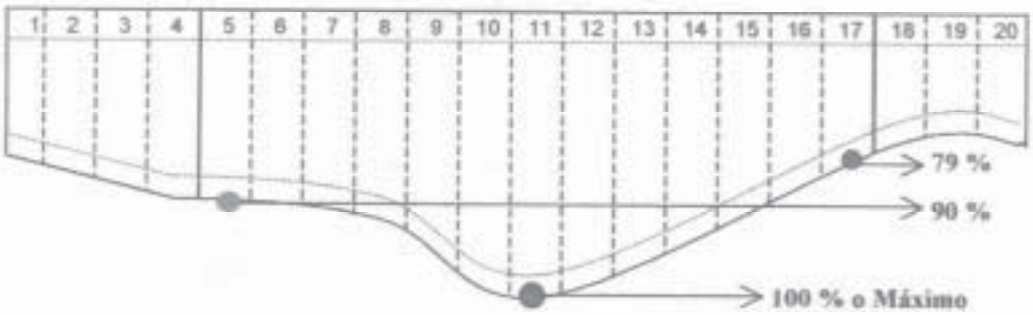

Figura 40: Esquema de mediciones del calado de los cuerpos finos de proa (verde), centro (rojo) y popa (azul).

5.4 Ajustes

Las mediciones de profundidad se relacionan con los componentes de diseño, funcionales y referenciales, se trata de cuantificar y explicar el calado y su comportamiento, dadas determinadas características del arte. Se trataron separando estas características por las estáticas de diseño y aquellas originadas en los pesos - boyantes.

Primero se asocian las profundidades máximas de los calados a partir de las características lineales e índices generados de ellas y en una segunda etapa se asocian con las características de los pesos sumergidos (los secos no tienen relevancia en la operación).

5.4.1 Profundidad máxima del calado con respecto a características de diseño

Se entrega la relación que existe entre la altura de tela estirada (HTE) y la máxima profundidad que alcanza en el calado, figura 41. Desde la figura 42 a la 49 se presentan gráficos de dispersión del calado máximo relacionados con distintas características o parámetros de construcción de la red.

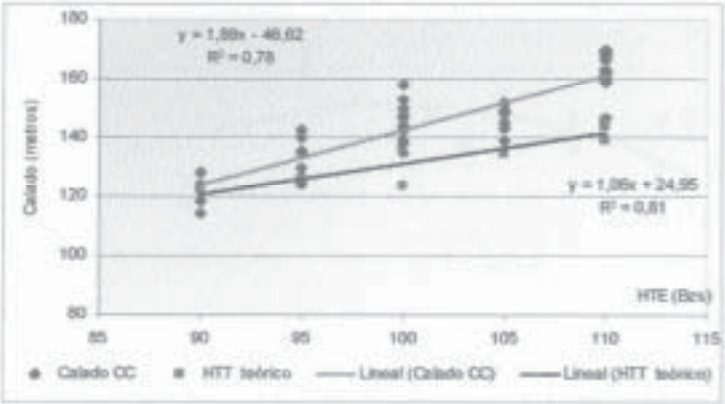

Figura 41: Relación calado máximo (real y teórico) y HTE.

Los valores para los Kt obtenidos de las mediciones de la profundidad alcanzaron un rango entre el 59% y 83% de la altura de tela estirada, con una media para todos los registros del 76%.

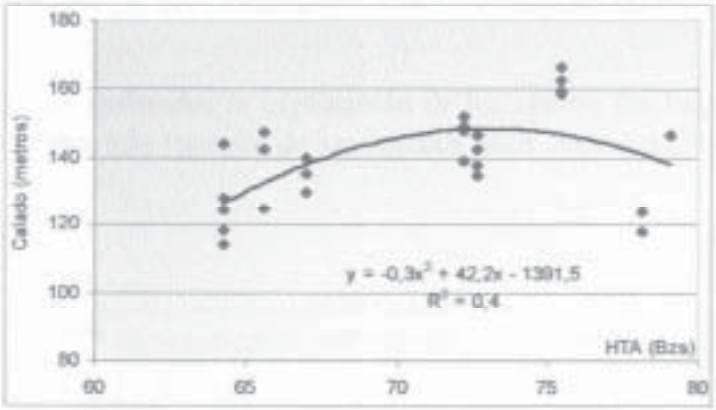

Figura 42: Relación calado máximo y HTA.

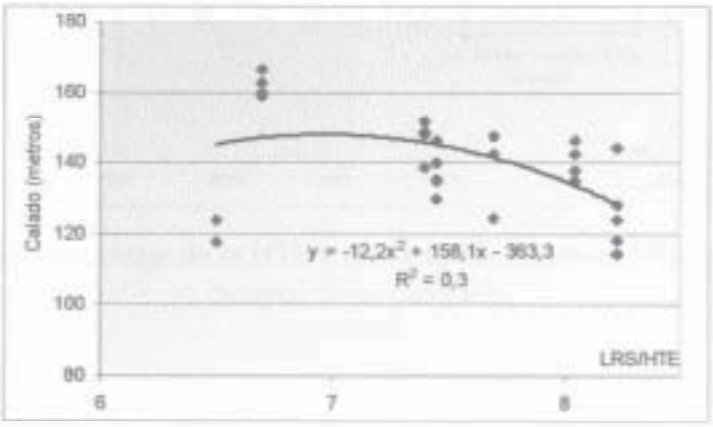

Figura 43: Relación calado máximo y LRS/HTE.

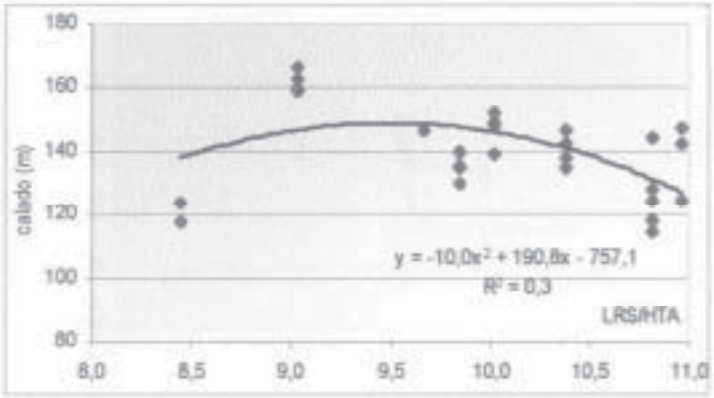

Figura 44: Relación calado máximo y LRS/HTA.

Para el caso de las dimensiones de las longitudes y relaciones de aspecto de los diseños asociados con la profundidad máxima alcanzada en los cuerpos centrales se tiene que el ajuste de mayor bondad está dado para la relación altura de tela estirada y el calado, con un R^2 de 0.78, en comparación a los ajustes con la altura de tela armada (HTA), coeficientes entre la longitud de relinga superior y altura de tela estirada (LRS/HTE) y de longitud de relinga superior con altura de tela armada con valores R^2 de 0,4; 0,3, y 0,3 respectivamente (figuras 41, 42, 43 y 44).

En el caso de los embandes la explicación de los ajustes fue baja, aunque levemente superior en el caso de base tela superior de los cuerpos finos centrales (5%), esto se aprecia en las figuras 45 y 46.

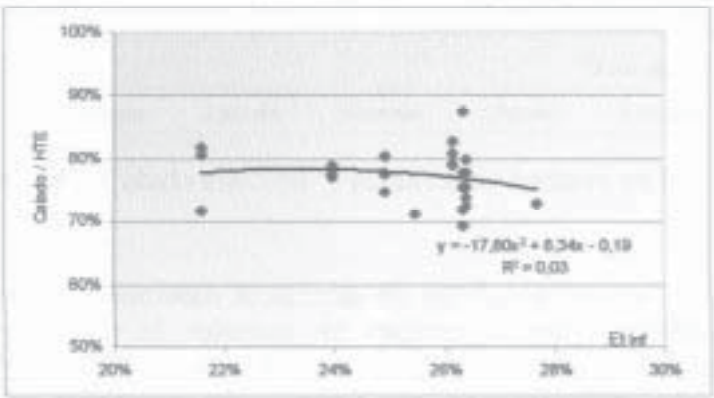

Figura 45: Calado en porcentaje de la HTE y coeficiente de embande base tela inferior de los cuerpos finos centrales.

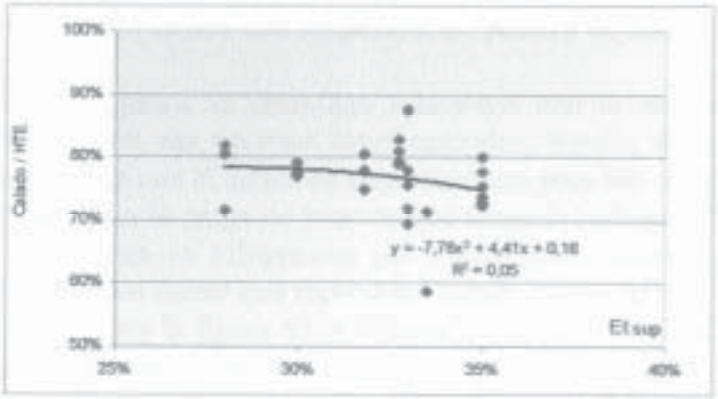

Figura 46: Calado en porcentaje de la HTE y coeficiente de embande base tela superior de los cuerpos finos centrales.

En cuanto a otras relaciones que son interesantes de mostrar se encuentra la del calado máximo en los cuerpos centrales con el volúmen de encierre (figura 47), que tiene un interés al ser considerada como valor referencial para el tamaño del arte y de la embarcación.

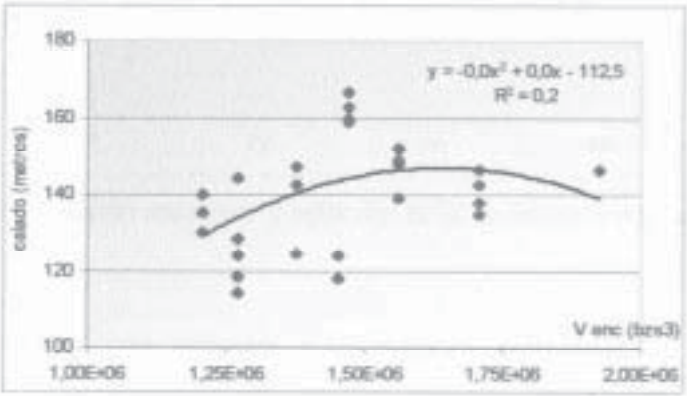

Figura 47: Calado máximo y volumen de encierre en brazas^3.

En el caso de las relaciones mostradas en las figuras anteriores se puede mencionar que ambas son bajas; con el volumen de encierre se puede destacar que ni la cierta dependencia que existe logra mejorar el ajuste (osea no tiene explicación una variable con la otra). Para la relación con el motor principal en la práctica los motores en general tienden a ser sobredimencionados y no tienen relevancia entre embarcaciones con cierta similitud y que usan artes con características muy distintas.

5.4.2 Profundidad máxima del calado con respecto a los pesos y boyantes.

Con respecto a los pesos se presentan relaciones con la máxima profundidad que alcanza la red trabajando en sus cuerpos finos centrales, figuras 48 a la 52. En primera instancia se revisa la relación con el factor de boyantez/peso para los cuerpos finos centrales, a continuación se contrasta con la carga de plomos que tenga la relinga inferior, valor que está dado por diseño y se expresa en kilogramos por braza. El cuociente entre el peso de los plomos y el de las fibras es un factor que representa la proporción de pesos de los plomos con respecto a las telas y cabos, en la figura 50 se presenta la relación del calado con este factor. Como complemento se presenta también el cuociente anterior incluyendo el peso de las anillas al de los plomos con respecto a las fibras. Finalmente se muestra la relación entre la reserva de flotabilidad por braza (peso total del cuerpo menos su boyantes por braza).

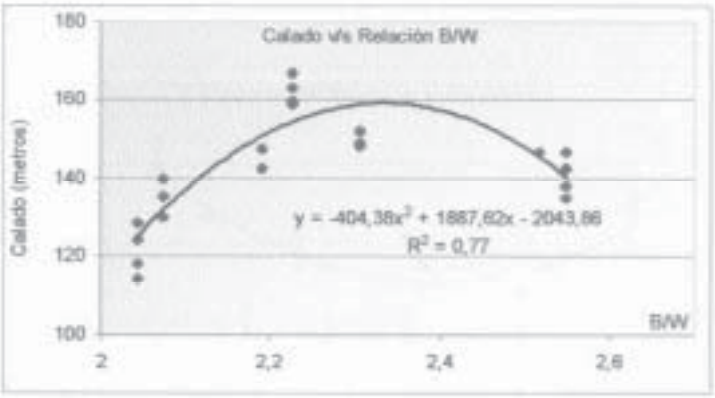

Figura 48: Calado máximo y relación B/W de los cuerpos centrales.

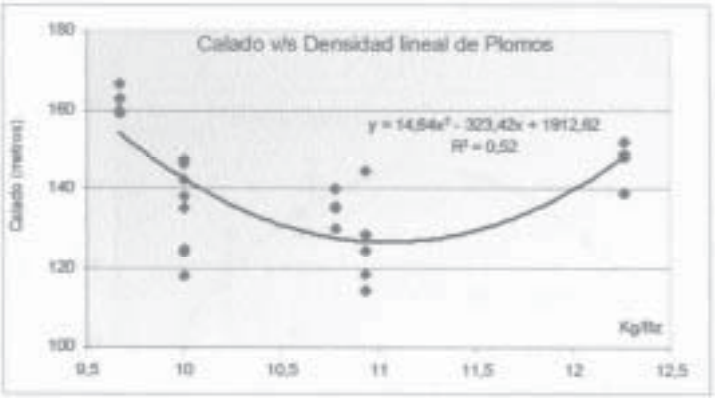

Figura 49: Calado máximo y densidad lineal o kilogramos por braza de plomos.

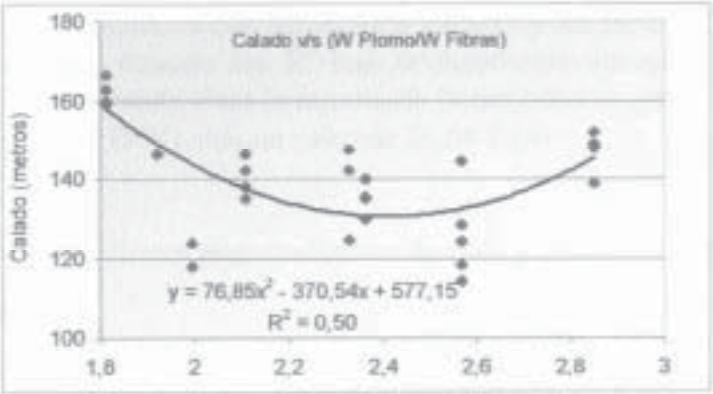

Figura 50: Calado máximo y factor W_{plomo} / W_{fibras}

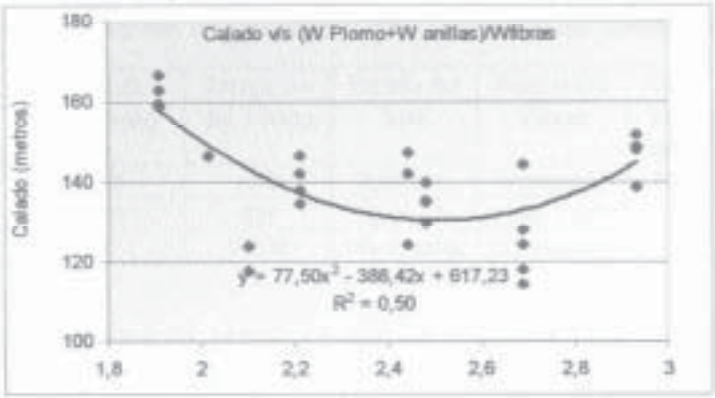

Figura 51: Calado y factor [(W_{plomo}+$W_{anillas}$) / W_{fibras}] de los cuerpos centrales.

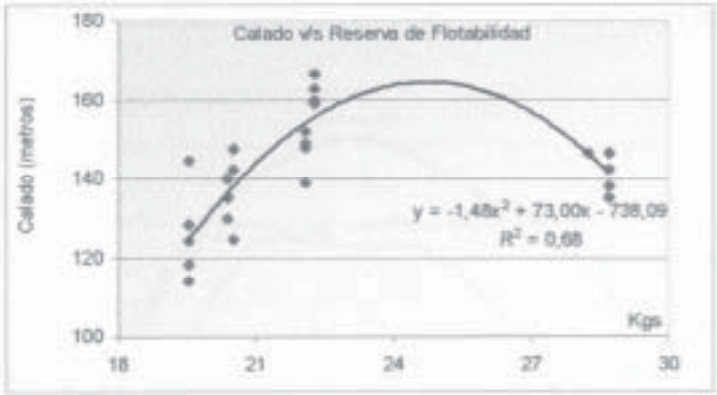

Figura 52: Calado máximo y reserva de flotabilidad por braza en cuerpos finos centrales.

En las relaciones de los pesos con la profundidad, el resultado más destacado es el de la relación boyantes/peso con un R^2 de 0,77 y sugiere una relación óptima con el calado para un valor de 2,35; en las relaciones con los plomos lineales y los factores no se encuentra una explicación relevante, aún cuando los R^2 son relativamente apropiados, la aplicación en términos de datos útiles no existe. Para la reserva de flotabilidad se genera una profundidad de calado óptimo (al igual que B/W), con un valor de 24,66 Kg/Bz.

5.5 Influencia de las condiciones metereológicas de mar y viento en el comportamiento del arte de cerco

Para ejemplificar la influencia en el calado del arte de cerco de las condiciones ambientales se presentan tres lances medidos en tres circunstancias distintas para el diseño de red 100-2: con Beaufort de 8, 5 y 4. En la tabla 8 se presentan las condiciones generales de cada lance, y en las figuras 53, 54 y 55 los registros de profundidad en el calado.

TABLA 8: Caracterización de los lances registrados con distintas condiciones ambientales.

Lance	Tiempo de Calado (min.)	Posición de Mancha (mts)	Dirección del Viento	Estado del Mar	Fuerza del Viento	Veloc. Viento (nudos)	T °C	Captura (ton)
1	6,0	15 – 70	NW	Arbolada	Temporal	40-45	15,3	25
2	5,5	20 - 50	SW	Marejada	Mod. fuerte	25	15,0	70
3	5,5	0 - 20	WSW	Marejadilla	Moderado	15	15,1	80

La condición ambiental en el lance 1 fue de temporal, con vientos del norweste, poca visibilidad y con corriente de 0,5 nudos con rumbo WSW. En la figura 53 se observa el calado de los cuerpos. El sensor ubicado en los cuerpos centrales indica que el calado fue armónico, sin mostrar distorsión al terminar la botadura de la red y durante el virado de los cables. En cambio el calado de la proa presenta alteraciones al igual que los cuerpos de cola (en menor grado). La máxima profundidad se alcanza a los 16 minutos de iniciado el lance con 100 metros en la proa, 143 metros en los cuerpos centrales y 92 metros en el cuerpo de cola.

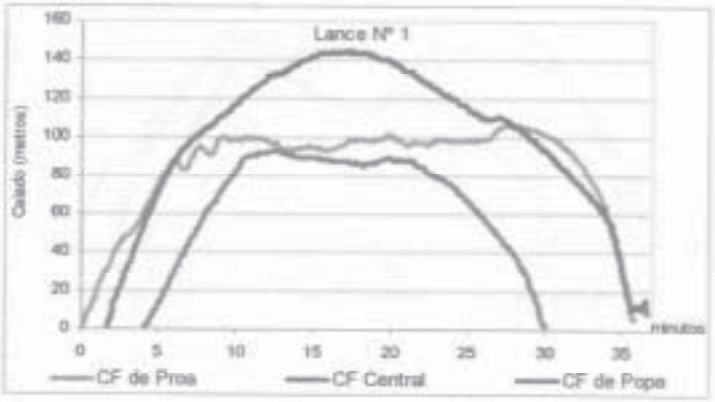

Figura 53: Profundidad y calado en lance N° 1 (temporal).

Las condiciones de mar en el segundo lance era de marejada, con corriente de 0,3 nudos y rumbo norweste. En la figura 54 se observa una tendencia similar en los calados de los cuerpos de proa y cola, con 110 y 80 m respectivamente, el cuerpo centro con un calado y virado uniforme alcanza los 143 metros. El tiempo de calado máximo por cuerpo varió entre los 12,5 y 16,5 minutos.

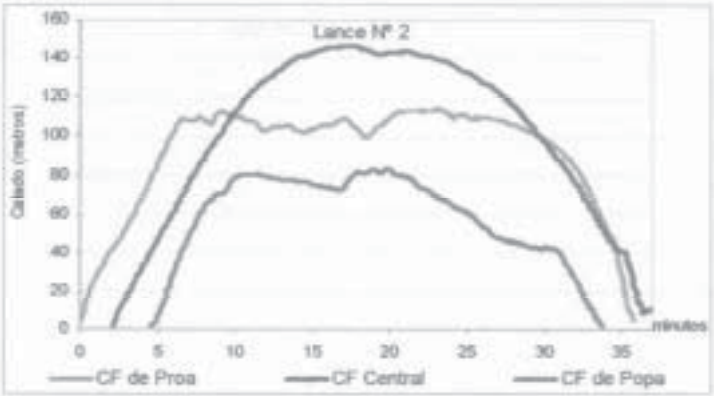

Figura 54: Profundidad y calado en lance Nº 2 (viento moderado fuerte).

Durante el lance N°3, las condiciones de mar mejoraron con vientos del WSW de baja intensidad y se observó presencia de corriente de 0,1 nudos con rumbo WNW. La figura 55, indica una tendencia similar a las obtenidas en las muestras 1 y 2, con profundidades máximas de calados de 108, 145 y 92 metros para los cuerpos de proa, centro y cola, con un tiempo de calado variable entre los 11 y 16 minutos. En los tres lances se observa una velocidad de calado media por cuerpo de 14 m/min para el cuerpo fino de proa, 17,2 m/min para el cuerpo fino central y 16,5 m/min para el último cuerpo fino de popa, siendo entonces mayor en los cuerpos centrales. También se observó una profundidad media de calado de 105,7; 143,8 y 88,2 metros respectivamente.

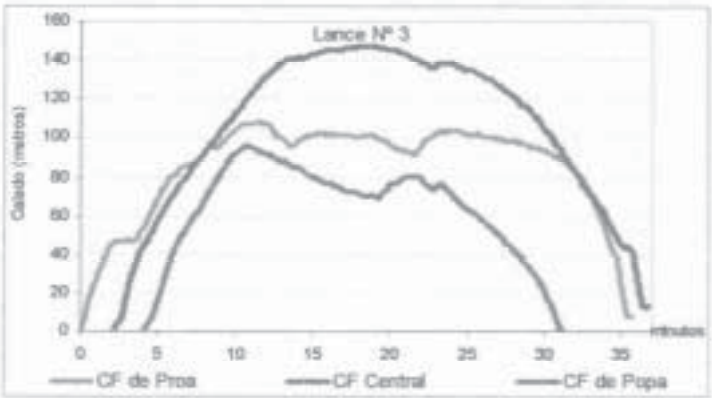

Figura 55: Profundidad y calado en lance Nº 3 (viento fuerte).

En vista de lo anteriormente expuesto se observó que independiente de las condiciones de viento y estado del mar, el calado de los cuerpos alcanzó profundidades similares. Los diferentes lances fluctuaron entre 100 y 110 metros para el cuerpo fino de proa, 143 y 145 metros para el cuerpo central y 80 a 92 metros para el último cuerpo fino de popa. No obstante lo anterior, se observó distintos patrones de comportamiento en el desempeño de los cuerpos finos de proa y popa para alcanzar el calado máximo, donde estas anomalías son mayores en el caso de condiciones ambientales más adversas.

6. DISCUSIÓN

Con respecto a la caracterización de las redes objeto de este estudio se puede mencionar que en su generalidad tienen valores relativamente homogéneos , aunque con las diferencias propias que sugieren patrones de diseño para cada empresa en particular. Estas diferencias se producen por innovaciones de los diseños, originadas en los talleres de redes o a peticiones expresas de los capitanes, que en último grado son quienes ocupan el arte en cuestión.

Para el aporte en peso de las estructuras de las redes se puede desprender en resumen, que los mayores pesos secos en una red (para el transporte terrestre por ejemplo), están dados en primera instancia por la tela de los cuerpos, luego por los plomos y flotadores (Figura 14). Para los pesos sumergidos los valores anteriores se invierten y pasan a tener una preponderancia especial los plomos, después la tela y anillas en el aporte total. En el análisis de las características del hundimiento estos pesos son relevantes porque proporcionan el vector que "tira" hacia abajo para que la red caiga, por esto se puede decir que inciden directamente en la velocidad y características del hundimiento. En resumen se considera importante el peso de los plomos y anillas para el calado, la tela debería influir más con sus características propias, que como aporte de peso en el descenso (resistencia relacionada con área sólida o en la boyantez por ejemplo).

De los gráficos del aporte porcentual de los componentes agrupados por material: telas, plomos, cabos y anillas (figuras 15 , 16, 17 y 18 respectivamente), se ratifica que el peso para el transporte en seco está dado principalmente por las telas que forman cada cuerpo (reinetas, paños, zipper y refuerzos). Para el caso del hundimiento o en operación aparece la mayor importancia relativa de los plomos que ejercen la fuerza para provocar una caída más rápida de la red, lo ayudan en está tarea directamente las anillas por su peso relativo y dada la posición en que se encuentran ubicadas, su acción se suma directamente con la de los plomos, aunque su objetivo de funcionalidad es otro (para que se deslice el cable de la llave y soportar la fricción que se produce protegiendo las fibras).

En cuanto a la relación boyantez-peso se observa un comportamiento similar para las variaciones entre los cuerpos de cada red, aunque al comparar los valores de los diseños entre sí, existen diferencias entre ellos (Fig. 19). Estas son originadas en el hecho de que cada red es particular para cada empresa y embarcación, y éstos responden a sus propios requerimientos y materiales que ocupen en particular.

Nótese que los cuerpos que soportan el mayor peso en el encierro (copo y cuerpos de proa) tienen siempre una mayor relación boyantez-peso (Fig. 19), aproximadamente tres veces de boyantes por cada kilogramo de peso. Esto se repite para los cuerpos de cola aunque no por la misma razón, sino porque estos cuerpos al quedar libres (al final del lance) no pueden correr el riesgo de hundirse, ya que se podrían enredar en las hélices (principal o thrusters), provocando un serio problema con graves daños para el arte de pesca ("corbata"), de ahí el

margen de seguridad que ocupan. Los cuerpos centrales tienen una tendencia estabilizada, con valores ubicados por sobre la flotación neutra y con valores entre 2 a 2,5 para esta relación.

La importancia de los parámetros cinemáticos y sus análisis está en que originan puntos críticos para centralizar nuestro enfoque si se quiere mejorar un aspecto del calado de las redes de cerco. En este contexto las zonas definidas tienen una gran correspondencia con los valores encontrados.

Para los lances medidos en el primer cuerpo fino de proa se observa a diferencia de los centrales o popa, que su comportamiento esta dado con una mayor dispersión de los valores de velocidad instantánea, o sea las variaciones de velocidad son abruptas y sus rangos mayores. De esto se infiere que los cuerpos de proa están más expuestos a la acción del equipamiento de cubierta, ancla de mar y embarcación (tensiones horizontales), y su acción se transmite a la red provocando una influencia directa en el comportamiento de ésta, variando la velocidad y el descenso, con la consiguiente disminución en el calado máximo que pudiera alcanzar y aumento en el tiempo que demora en hacerlo. Para los cuerpos finos de proa las etapas se aprecian en forma correcta, así aparece la I con la máxima velocidad y con una aceleración siempre positiva, la II desde este máximo a un cambio de la banda en que se mueven los puntos de la velocidad instantánea. La etapa III desde este cambio de situación hasta que la velocidad se hace cero y la IV desde que la velocidad aproximada se hace cero hasta el izado de la red a bordo. En estos cuerpos el tener velocidades más erráticas originan ajustes de la aceleración también más variables en sus valores y coeficientes de determinación.

Para los análisis de las velocidades y aceleraciones del calado para los cuerpos centrales de las redes, se observó que el comportamiento era menos disperso para las velocidades instantáneas que para los cuerpos de proa. Esto se explica por el hecho de que los cuerpos centrales son los que están más lejos de los agentes generadores de tensiones de la embarcación. De esto modo los efectos o variaciones bruscas o erráticas generados por los "tirones" desde la embarcación (winches y movimiento) se distribuyen y disipan en las estructuras anteriores y posteriores a esta parte de la red. Las aceleraciones consecuentemente presentan valores mucho más homogéneos y representativos para cada etapa con un buen nivel de explicación. Para las redes con sus mediciones en esta posición se observan más definidas y claramente las zonas de comportamiento, incluso se pueden notar claramente el funcionamiento de puntero y llave o el del virador con la llave simultáneamente trabajando y hasta cuando lo hacen.

Para el caso del último cuerpo fino de popa se observa también un grado de dispersión menor (que en la proa) de las velocidades instantáneas, que permite visualizar claramente las bandas de interacción de las velocidades y sus puntos. En este caso se observa más claramente la operación del winche principal o llave, probablemente porque es el agente de tensión que se encuentra más cerca y sus efectos (tensiones y "tirones") predominan en este lugar de la red. La aceleración también es bastante representativa de cada zona con valores de R^2 cercanos a 1 para las tres primeras zonas.

En la figura 38 se ratifica el mayor efecto de las tensiones horizontales que genera la embarcación sobre los cuerpos de proa que en los centrales, lo que hace tomar gran importancia a las condiciones de mar en la operación, con mal tiempo se producen mayores tensiones que afectan el calado de los cuerpos de los extremos en mayor medida. Lo anterior se vuelve a reiterar con las figuras 53, 54 y 55 donde los cuerpos de proa y popa presentan calados "disparejos" con respecto a los centrales.

De todas las relaciones que pueden incidir en el comportamiento, la primera que destaca es con la altura de tela estirada como primera aproximación para el calado máximo que logra en los cuerpos centrales, en segunda instancia están las relaciones con los pesos; los parámetros de construcción no presentan un buen grado de explicación del calado. En cuanto al comportamiento propiamente tal, este está condicionado a las tensiones horizontales que lo afecten principalmente, sin olvidar que los parámetros de construcción y armado deben ajustarse a los rangos apropiados para un buen funcionamiento.

Como sugerencias para mejorar y optimizar el comportamiento del arte se pueden pensar en probar incorporando otros cuerpos con corte a fin de distanciar más los cuerpos finos del extremo de la red, o bien podría aumentarse la longitud de los cuerpos de cola con más lastre, evitando colocar otro cuerpo; también una solución más operativa sería dar un mayor tiempo de reposo al calón de cola favoreciendo así el calado total de la red. Generalmente las anomalías en el calado están motivadas por el rápido virado del cable puntero, llave y calón de popa, entonces adicionalmente es recomendable suavizar el manejo de los equipos hidráulicos, de modo que se disminuya el efecto de tensión de los cables sobre la red, virar lento el calón de cola y comenzar el virado del cable puntero un poco después (comienza a ser virado aproximadamente en la mitad de la caída de la red generalmente). Iitaka (1966) ya demostró mediante el uso de batiquimógrafos, que un inicio temprano de la maniobra o cierre de la llave reduce la profundidad del calado y, por lo tanto, la eficiencia del arte de cerco.

7. CONCLUSIONES

Las conclusiones que se infieren del presente estudio se encuentran desarrolladas en función a los objetivos propuestos y se detallan a continuación:

- Mediante la identificación de las características de diseño y construcción de las redes cerqueras a través del uso de análisis estáticos, es posible concluir que:

i Los diseños de las redes en estudio no presentan diferencias significativas en cuanto a sus parámetros de construcción, esto referido especialmente a coeficientes de armado ($\mu 1$) y embandes.

ii El poder de pesca funcional (volumen de encierre) no tiene una relación directamente proporcional con las dimensiones de la embarcación, su capacidad de bodega o el alto de tela estirada, pues las longitudes totales de relinga son variables en condiciones de operación real. En consecuencia cualquier relación que involucre a la relinga total pierde validez como indicador de diseño.

iii El mayor aporte en peso de las redes secas está dado por la tela que conforma los cuerpos, y para los pesos sumergidos por los plomos (en promedio 55 % y 63 % respectivamente). Ambos componentes sumados, equivalen en promedio al 72% del peso seco y al 88% del peso total sumergido del arte.

iv Para la relación boyantez/peso se determinó que los menores valores están en los cuerpos finos con un valor medio de 2,3; con respecto a los cuerpos con corte que presentan valores mayores a 2,5.

- A través de la evaluación empírica del desempeño funcional y características cinemáticas de la operación del arte de cerco, es posible concluir que:

i De acuerdo a los resultados obtenidos y a la cinemática del calado se definen cuatro zonas de comportamiento característico:

Zona I : Caída libre de la red
Zona II : Acción del Winche Puntero
Zona III : Acción de la Llave
Zona IV : Virado de Red

ii Como punto crítico para optimizar el calado de una red de cerco, se define la máxima velocidad que alcanza en la zona I y la duración de las zonas I, II y III, donde la velocidad de descenso siempre es positiva, además de haber alcanzado en promedio un 97% del máximo

calado. Lo anterior, en la táctica de pesca, se traduce en demorar o "suavizar" el accionar del winche principal o llave.

iii La influencia de las tensiones generadas por el equipamiento de cubierta y la embarcación tienen mayor incidencia en el comportamiento del calado de los cuerpos más cercanos a éstos, de este modo los cuerpos finos de proa y popa experimentan este efecto con mayor intensidad que los cuerpos centrales.

- Mediante las relaciones entre los análisis estáticos y la evaluación *in situ* del calado del arte se puede concluir que:

i La mejor relación para tener una aproximación del calado real de los cuerpos finos centrales se obtiene a partir de la altura de tela estirada (R^2 =0,78), en contraste a otros parámetros de construcción como los asociados a longitudes, áreas o volúmenes.

ii Las relaciones con los parámetros de construcción, tales como embandes y relaciones de aspecto, no presentan ningún grado de asociación que explique el calado en ninguna de sus formas.

iii Con respecto a la boyantez y los pesos, se determinó un óptimo que favorece el calado para la relación B/W, con un valor de 2,35 en los cuerpos finos centrales y una reserva de flotabilidad de 24,66 kg/bz.

iv Las asociaciones con pesos lineales de plomos, fibras y factores no aportaron explicación relevante al desempeño funcional del arte de cerco.

- Al revisar la influencia de la condición de mar en el desempeño funcional del arte para los tres casos presentados, se logra concluir que:

i Los efectos de diferentes condiciones de mar inciden en los cuerpos que están ubicados a los extremos de la red por las tensiones horizontales que genera la embarcación, efecto que altera el comportamiento cinemático con cambios de velocidad en el calado.

ii La profundidad máxima que alcanza la red en operación, no presentó diferencias respecto a las distintas condiciones metereológicas en que se realizaron los lances para los cuerpos finos de proa, popa y central.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Barría, P., A. Aranis, S. Mora, M. Böhm, V. Catasti, H. Peña, C. González, F. Vejar y A. Hernández. 1999. Monitoreo de las capturas de Jurel en la zona centro-sur. Informe final Proyecto FIP N° 98-01, 102 pp.

Ben-Yami, M. 1994. Purse seining manual. Published by arrangement with FAO of the United Nations by Fishing News Books. Cambridge, Great Britain, England, 405 pp.

Böhm, M. G., L. Caballero, C. Martinez, V. Bocic, H. Hidalgo, J. Olivia y R. Serra. 1991. Diagnóstico de las Principales Pesquerías Nacionales Pelágicas Zona Centro-Sur. 1990. Estado de situación y perspectiva del recurso. Convenio CORFO-IFOP Corp. Fom. Prod. Gerencia de Desarrollo Tecnológico (SGI-IFOP 91/9). Inst. Fom. Pesq. Santiago, Chile, 62 pp.

Böhm, M. G., L. Caballero, H. Muñoz, V. Bocic, H. Hidalgo, R. Sierra y M. Nilo. 1994. Diagnóstico de las Principales Pesquerías Nacionales Pelágicas Zona Centro-Sur 1993. Estado de situación y perspectivas del recurso. Convenio CORFO-IFOP Corp. Fom. Prod. Gerencia de Desarrollo tecnológico (SGI-IFOP 94/6). Inst. Fom. Pesq. Santiago, Chile, 57 pp.

Córdova, J. y S. Núñez. 1999. Evaluación acústica del recurso jurel en la ZEE de Chile. Informe de avance FIP N° 99-03. Consejo de Investigación Pesquera, 26 pp. +8 anexos.

Covarrubias, P.A. y C. Cabrera. 1979. Diseño y dimensionamiento de una red de cerco de jareta para la captura de sardina española (***Sardinops sagax***), a ser usada por la industria reductora en la zona norte de Chile. Tesis, Escuela de Ciencias del Mar, PUCV, 123 pp.

Cubillos, L., S. Núñez E. y D. Arcos. 1998. Producción primaria requerida para sustentar el desembarque de peces pelágicos en Chile. Rev. Invest. Mar., Valparaíso, 26: 83-96.

Fridman, A.L. 1986. Calculations for Fishing Gear Designs. FAO Fishing Manuals. Published by arrangement FAO of the Unitad Nations by Fishing News Books Ltd. Farnham, Surrey, England. 241 pp.

IFOP. 1994. Diagnóstico de las principales pesquerías nacionales 1993. Pesquería pelágica zona centro sur. Estado de situación y perspectivas del recurso. Convenio CORFO-IFOP, Corp. Fom. Prod., Gerencia de Desarrollo Tecnológico (SGI-IFOP 94/6). Inst. Fom. Pesq. Santiago, Chile, 57 pp.

IFOP. 2000. Diagnóstico de las principales pesquerías nacionales 2000. Pesquería pelágica zona centro sur. Estado de situación y perspectivas del recurso. Convenio CORFO-IFOP Corp. Fom. Prod., Gerencia de Desarrollo Tecnológico (SGI-IFOP 00/6). Inst. Fom. Pesq. Santiago, Chile, 65 pp.

Iitaka, Y. 1966. Studies on the mechanical characteristics of purse seining (Mimeo). College of Fisheries Navigation, Marine Engineering and Electronics. St John´s, Newfoundland, 21 pp.

Irigoyen, P. 1994. Tendencias en la industria pesquera cerquera. Chile Pesquero Nº 83: 29-30 pp.

León, P. 1987. Variables de decisión que influyen en el rendimiento de las embarcaciones de cerco. Tesis, Escuela de Ciencias del Mar, PUCV, 146 pp.

Mandujano, L. 1998. Análisis de desempeño de las embarcaciones de una flota cerquera industrial a través de índices funcionales-operacionales. Tesis, Escuela de Ciencias del Mar, PUCV, 87 pp.

Martinez, C., C. Salazar, J. C. Mendieta y A. Aranis. 1986. Desarrollo y perspectivas de la Pesquería Pelágica en la Zona Norte de Chile (Arica-Coquimbo). In: La Pesca en Chile. P. Arana (Ed.), Escuela de Ciencias del Mar, Facultad de Recursos Naturales, Universidad Católica de Valparaíso, 18 pp.

Martínez, G. 1997. Apuntes de Sistemas de Flota, Puerto y Planta. Escuela de Ciencias del Mar. Facultad de Recursos Naturales U.C.V. "*In litteris*"

Martínez, A. 2001. Comportamiento de redes de cerco anchoveteras en la zona norte de Chile. Tesis , Escuela de Ciencias del Mar, PUCV, 78 pp.

Melo, T. 1996. Apuntes de Ingeniería de artes de Pesca. Escuela de ciencias del Mar. Facultad de Recursos Naturales U.C.V. "*In litteris*"

Melo, T., C. Hurtado y D. Queirolo. 2002. Aplicación de teoría de paños en redes de pesca. Curso de teoría de paños. Campus Virtual Universidad Católica de Valparaíso. 103pp.

Misund, O.A. 1988. Sonar observations of Schooling Mackerel during Purse Seining. ICES. C.M. 1987/ B:10, pp. 1-7 (mimeo).

Misund, O.A. 1990. Sonar observations of Schooling herring. School dimensions, swimming behaviour, and vessel and purse seine avoidance. Rapp. P.-V. Réun. Cons. Int. Explor. Mer, 189: 135-146.

Munizaga, M. 1995. Modelo funcional para el diseño de redes de cerco de jareta utilizadas en la pesquería de Sardina española (*Sardinops sagax)* y Jurel (*Trachurus murphyi)* en la zona norte de Chile. Tesis, Escuela de Ciencias del Mar, PUCV, 137 pp.

Rivera, J. 1995. Características técnicas y procedimientos de construcción de redes de cerco de jareta en la zona norte de Chile. Tesis, Escuela de Ciencias del Mar, PUCV, 87 pp.

SERNAPESCA, 1980 - 2002. Anuario Estadístico de Pesca. Servicio Nacional de Pesca. Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción. República de Chile.

Serra, R y A. Zuleta. 1999. Investigación "Evaluación del stock de jurel, 1999". Informe de avance. Proyecto IFOP-SUBPESCA:56 pp. +anexos.

Sub-Secretaría de Pesca (SUBPESCA), 2000. Informe sectorial pesquero. Enero-Marzo 2000, 16 pp.

Von Brandt, A. 1984. Fishing catching methods of the world. Fishing news Books Ltd. 3º Edition: 418 pp.

Yáñez, E., M.A. Barbieri y A. Montecinos. 1990. Relaciones entre las variaciones del medio ambiente y las fluctuaciones de los principales recursos pelágicos explotados en la zona de Talcahuano, Chile. En: Perspectivas de la actividad pesquera en Chile. M.A. Barbieri (Ed.) Escuela de Ciencias del Mar, UCV, Valparaíso: 49-62.