



INFORME FINAL PROYECTO FIPA 2022-25

**“PROPUESTA DE ELEMENTOS TÉCNICOS A
CONSIDERAR PARA LAS PRUEBAS DE RESISTENCIAS
DE REDES, ESTIMACIÓN DE VIDA ÚTIL, Y
VERIFICACIÓN/CERTIFICACIÓN DE REDES”**

ID 4728-12-LP22

Proponente

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE VALPARAÍSO
ESCUELA DE CIENCIAS DEL MAR

Mandante

FONDO DE INVESTIGACIÓN PESQUERA Y DE ACUICULTURA
SUBSECRETARÍA DE PESCA Y ACUICULTURA

19 ENERO 2024



- Título** : Proyecto FIPA N 2022-25: "Propuesta de elementos técnicos a considerar para las pruebas de resistencias de redes, estimación de vida útil, y verificación/certificación de redes"
- Documento** : Informe final
- Mandante** : Fondo de Administración Pesquero, Subsecretaría de Pesca y Acuicultura.
- Contraparte** : Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Facultad de Ciencias del Mar y Geografía
- Unidad Ejecutora** : Laboratorio de tecnología pesquera y acuícola (TECPES), Av. Universidad 330, Curauma, Valparaíso.
- Fono** : +56 32 2274268
- Equipo Humano** : Carlos Felipe Hurtado Ferreira, director e investigador principal
Dante Queirolo Palma
Jorge Serrano Calcuch
Jesús López Alarcón
Jean Pierre Toledo Alvarado

Tabla de contenido

1	RESUMEN EJECUTIVO	10
2	SUMMARY	12
3	ANTECEDENTES.....	14
4	JUSTIFICACIÓN.....	16
5	OBJETIVO GENERAL	17
5.1	Identificar los elementos técnicos para realizar las pruebas de resistencia de redes en base a normativas existentes (por ejemplo, ISO 1806-2002, 1107-2003, etc.) u otros.	17
5.2	Estimar el coeficiente de arrastre para una red de cultivo de salmones, con fouling..	17
5.3	Identificar los elementos técnicos a considerar para la extensión de vida útil de las redes.	17
5.4	Determinar los elementos técnicos para la verificación y certificación de las redes, y entregar una propuesta de los protocolos para dichas verificaciones y/o certificaciones.	17
5.5	Proponer los requisitos que deben cumplir los laboratorios o talleres especializados en redes, para cumplir con una normativa de certificación de redes.....	17
6	METODOLOGÍA POR OBJETIVOS	18
6.1	Objetivo General (OG): Proponer los elementos técnicos a considerar para las pruebas de resistencias de redes, estimación de la vida útil, y verificación/certificación de redes	18
6.1.1	Actividades generales.....	19
6.2	OE1: Identificar los elementos técnicos para realizar las pruebas de resistencia de redes en base a normativas existentes (por ejemplo, ISO 1806-2002, 1107-2003, etc.) u otros.	20
6.3	OE2: Estimar el coeficiente de arrastre para una red de cultivo de salmones, con fouling	21
6.3.1	Caracterización fouling	22
6.3.2	Instalación de bastidores	22
6.3.3	Estimación coeficiente de arrastre - Prueba experimental (canal de ensayo).....	27
6.3.4	Transporte de bastidores.....	32
6.3.5	Análisis biofouling bastidores	36
6.3.6	Estimación de coeficientes de arrastre – formulaciones empíricas	38
6.3.7	Estimación coeficientes de arrastre – modelos numéricos	41
6.3.8	Discusión de resultados	43
6.4	Identificar los elementos técnicos a considerar para la extensión de vida útil de las redes.	43
6.5	Determinar los elementos técnicos para la verificación y certificación de las redes, y entregar una propuesta de los protocolos para dichas verificaciones y/o certificaciones.	44
6.6	Proponer los requisitos que deben cumplir los laboratorios o talleres especializados en redes, para cumplir con una normativa de certificación de redes.....	45

7	PLAN DE ACTIVIDADES	46
8	RESULTADOS POR OBJETIVOS.....	47
8.1	Resultados OE1: Identificar los elementos técnicos para realizar las pruebas de resistencia de redes en base a normativas existentes (por ejemplo, ISO 1806-2002, 1107-2003, etc.) u otros.....	47
8.1.1	Antecedentes	47
8.1.2	Norma ISO 1107	48
8.1.3	Norma ISO 1806	49
8.1.4	Norma DIN 53844.....	53
8.1.5	Norma JIS L 1043	55
8.1.6	Resumen Normativas pruebas de ensayo	64
8.2	Resultados OE2: Estimar el coeficiente de arrastre para una red de cultivo de salmones, con fouling.....	65
8.2.1	Geometría, estructuras y solidez de redes	65
8.2.2	Efecto del Fouling de las redes de cultivo en la dinámica del sistema balsa jaula. 66	
8.2.3	Caracterización del fouling	73
8.2.4	Análisis biofouling bastidores.....	77
8.2.5	Estimación coeficientes de arrastre – Prueba experimental (canal de ensayo) ...	92
8.2.6	Estimación Coeficientes de arrastre - formulaciones empíricas.....	104
8.2.7	Estimación Coeficientes de arrastre - modelo numéricos	104
8.2.8	Discusión resultados coeficientes de arrastres	105
8.3	Resultados OE3: Identificar los elementos técnicos a considerar para la extensión de vida útil de las redes.....	108
8.3.1	Ciclo de vida de una red y los certificados y documentos exigidos por la R Ex 1821 y sus modificaciones.	108
8.3.2	Resumen de respuestas obtenidas en entrevistas.....	110
8.3.3	Análisis General de las Entrevistas realizadas	116
8.3.4	Parámetros que incluir en la evaluación de la extensión de la vida útil de una red 127	
8.3.5	Establecer las pruebas de laboratorio y sus condiciones que permitan evaluar la integridad estructural de las redes (nylon y polietileno, redes metálicas y algún tipo de otro material como lona).....	129
8.4	Resultados OE4: Determinar los elementos técnicos para la verificación y certificación de las redes, y entregar una propuesta de los protocolos para dichas verificaciones y/o certificaciones.	140
8.4.1	Protocolo de verificación y certificación de redes para la acuicultura	140
8.4.2	Propuesta de sistema de trazabilidad para redes de contención y redes loberas	144

8.5	Resultado OE5: Proponer los requisitos que deben cumplir los laboratorios o talleres especializados en redes, para cumplir con una normativa de certificación de redes.....	149
9	DISCUSIÓN	154
10	CONCLUSIONES	155
11	Taller de difusión	156
12	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	157
13	ANEXOS.....	162
13.1	Anexo 1- Encuesta Estudio de Redes Utilizadas en la Salmonicultura	162
	Entrevista.....	162
13.2	Anexo 2 – pruebas experimentales.....	164
13.3	Anexo 3 (fotografía entrevista)	180
13.4	Anexo 4: Datos de personas y empresas entrevistadas	184
13.5	Anexo 5: Fotografías de taller de difusión	190
13.6	Anexo 6: Listado de asistentes al taller de difusión	192
14	Composición y organización del equipo profesional	194
14.1	Asignación de personal profesional y técnico (HH)	196
14.1.1	Felipe Hurtado (Investigador principal, director de proyecto)	196
14.1.2	Dante Queirolo (Investigador).....	197
14.1.3	Jorge Serrano (Especialista en Redes).....	198
14.1.4	Jesús López (Co-Investigador).....	199
14.1.5	Jean Pierre Toledo (Co-Investigador)	200

INDICE DE ESQUEMAS

Esquema 1 - Metodología general.....	18
--------------------------------------	----

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Tipos de redes tradicionalmente utilizados en la industria chilena	20
Figura 2- Sistema de flotación con bastidores de paños de redes, modelo concepto.	23
Figura 3 - Sitio de instalación de bastidores de paños de redes	24
Figura 4 - Tipos de redes instaladas en bastidores	25
Figura 5 - Proceso de instalación de bastidores en Isla Maillen.....	26
Figura 6 - Redes limpias utilizadas en el canal de prueba.....	29
Figura 7 – Ejemplo análisis fotográfico para obtener la solidez del paño de red.	30
Figura 8 - Estructura de soporte de la red	32
Figura 9 - Conexión celda carga - marco	32
Figura 10 - Seguimiento de las bioincrustaciones en los bastidores. Isla Maillen. Puerto Montt, Chile	33

Figura 11 – Seguimiento del transporte bastidores desde Muelle Los Torreones, Puerto Montt a Valdivia.....	34
Figura 12 – Almacenamiento bastidores en el canal de ensayo hidrodinámico, Universidad Austral de Chile.....	35
Figura 13 - Elementos de una red de cultivo.....	38
Figura 14 – Referencia Flujo de entrada en canal de prueba, Mesh ANSYS.....	42
Figura 15 - Ejemplo de simulación de un paño de red en AquaSim.	43
Figura 16 - Método de instalación de probetas para realizar pruebas de ensayo de tracción.....	52
Figura 17 - Longitud de una malla de red	55
Figura 18 - Tipos de nudos en una red	56
Figura 19 - Redes sin nudo.....	56
Figura 20 - Red tipo rachel.....	57
Figura 21 Diferentes pruebas en ensayos de tracción de redes	60
Figura 22 - Método de fijación para la prueba de ensayo de tracción de una red en forma de diamante	61
Figura 23 - Método de fijación para la prueba de ensayo de tracción de una red en forma rectangular.....	62
Figura 24 - Pruebas de fuerza desgarradora para los ensayos de tracción	63
Figura 25 - Efectos de ensuciamiento de hidroides en una red de cultivo, Chun-Wei Bi et al., 2018.....	67
Figura 26 - Canal de prueba de fuerza hidrodinámica para una red de cultivo, Chum-Wei Bi et al., 2018.....	68
Figura 27 - Fotografías representativas de los bivalvos encontrados en la red T1. (a) Bivalvos clasificados morfológicamente. (b y c) Imágenes comparativas de los diferentes tamaños de bivalvos encontrados en la red T1.....	78
Figura 28 - Fotografía de (a) <i>Zeuco</i> sp. y (b) <i>Ischyrocerus</i> sp. encontrados en la muestra 1 de la red T1.	79
Figura 29 -Fotografía de la muestra 2 de la malla T1 con una cobertura del 60% de <i>Mytilus</i> sp.	80
Figura 30 - Imagen comparativa de los diferentes tamaños de bivalvos encontrados en la malla T1	80
Figura 31 - Fotografía de (a) <i>Ischyrocerus</i> sp. y (b) <i>Caprella equilibra</i> encontrados en la muestra 2 de la malla T1	81
Figura 32 -Fotografía de (a) <i>Loxechinus albus</i> (recluta) encontrado en la muestra 2 de la malla T1	81
Figura 33 - Fotografía de <i>Metacarcinus edwardsii</i> encontrado en la muestra 2 de la malla T1 ..	82
Figura 34- Fotografía de la muestra 1 de la malla T2 con una cobertura del 70% de <i>Mytilus</i> sp.	84
Figura 35 -Bivalvos clasificados morfológicamente para ser contabilizados.	84
Figura 36 - Fotografía de (a) <i>Caprella equilibra</i> (b) <i>Ochomenella</i> sp. y (c) <i>Siphonaria</i> sp. encontrados en la muestra 1 de la malla T2.	84
Figura 37 -Fotografía de la muestra 2 de la malla T2 con una cobertura del 85% de <i>Mytilus</i> sp.	85
Figura 38 -Imagen comparativa de los diferentes tamaños de bivalvos encontrados en la malla T2.	85
Figura 39 - Fotografía de la muestra 1 de la malla T5 con una cobertura del 70% de <i>Mytilus</i> sp.	86
Figura 40 -Imagen comparativa de los diferentes tamaños de bivalvos encontrados en la malla T5.	87

Figura 41 - Fotografía de (a) Siphonaria sp. y (b) Aulacomya atra encontrados en la malla T5.	87
Figura 42 - Fotografía de un poliqueto de la familia Nereididae encontrado en la malla T5.....	88
Figura 43 -Fotografía de (a) Sarcopeltis skottbergii y (b) Fisurella sp. encontrados en la malla T5.	89
Figura 44- Gráfico de abundancia total de especies por malla. La malla T2 presenta la mayor densidad de especies. Las mallas T1 y T5 presentan mayor riqueza de especies.	90
Figura 45 - Gráficos de abundancia de cada una de las 12 especies encontradas por red.....	91
Figura 46 -Metodología obtención carga sobre paño de red. Paso 1 ensayo marco aislado, paso 2 ensayo marco más red y paso 3 se sustrae la carga obtenida en el paso 1 a la carga obtenida en el paso 2 aislando el arrastre sobre la red.....	92
Figura 47 - Curva de resistencia total para el paño de red T1 de dimensiones 0.435m x 0,445m	93
Figura 48 - Curva de resistencia total para el paño de red T2 de dimensiones 0.435m x 0,445m	93
Figura 49 - Curva de resistencia total para el paño de red T3 de dimensiones 0.435m x 0,445m	94
Figura 50 - Curva de resistencia total para el paño de red T4 de dimensiones 0.435m x 0,445m	94
Figura 51 - Curva de resistencia total para el paño de red T5 de dimensiones 0.435m x 0,445m	95
Figura 52 -Curva de coeficientes de arrastre para las redes sucias en estudio en función del área proyectada del paño de red y su comparación con los datos obtenidos en redes limpias	96
Figura 53 - Datos de redes en literatura técnica	103
Figura 54 -Coeficientes de arrastre para redes similares a las redes en estudio	103
Figura 55: Diagrama del ciclo de vida de una red y los certificados y documentos exigidos por la R Ex 1821 y sus modificaciones.	109
Figura 56: Actores involucrados en las redes peceras y loberas	117
Figura 57: Etapas por las que pasan las redes peceras en su ciclo de vida en taller de redes. ..	119
Figura 58: Máquinas utilizadas en Chile para los registros de tensiometría. A) Buraschi Dyna 400; B) Buraschi Dyna 600; C) Instron maquina universal de pruebas de tensión; D) Maquina Universal de pruebas de tensión.....	121
Figura 59: Respuestas de entrevistados respecto a las especies predominantes presentes en el fouling en las regiones de Los Lagos, Aysén y Magallanes.	122
Figura 60: Logo FISA	122
Figura 61: Red Lobera de FISA	123
Figura 62: FIMAR y sus Divisiones	124
Figura 63: Confeción de redes.....	125
Figura 64: Red de polietileno torcido sin Nudo. Denominada como "H"	126
Figura 65: Diagrama propuesto para la emisión de certificados. Poner en rojo lo nuevo y modificar nombre diagrama	143
Figura 66 - Sistema de trazabilidad de las redes de cultivos verificadas y certificadas	145
Figura 67 -Primera etapa del sistema de trazabilidad.....	146
Figura 68 - Segunda etapa del sistema de trazabilidad	146
Figura 69 - Tercera etapa del sistema de trazabilidad.....	147
Figura 70 - Cuarta etapa del sistema de trazabilidad.....	148
Figura 71 - Quinta y última etapa del sistema de trazabilidad	149
Figura 72: Ejemplo de certificado de calibración emitido por CESMEC	150
Figura 73 - : Ejemplo de documento de resistencia a la ruptura de paños	153
Figura 74: Visita Taller Hernán Soto Servicios Pesqueros y Acuícolas EIRL, Puerto Montt. ..	180

Figura 75: Reunión en Badinotti Group Chile, Puerto Montt.	180
Figura 76: Reunión en MARMAU, Chiloé.	181
Figura 77: Visita Laboratorio Taller de redes Badinotti Net Services	181
Figura 78: Reunión en laboratorio de redes FIMAR.....	182
Figura 79: Reunión en taller de redes Patagonia Net Systems.....	183

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 - Matriz de análisis en canal de prueba Uach.....	27
Tabla 2 - Numero de ensayos en el canal de prueba	28
Tabla 3 - Características de redes utilizadas en el canal de prueba.....	30
Tabla 4 - Coeficientes de arrastre empíricos	40
Tabla 5 - Comparación elementos técnicos principales - normativas de resistencia para redes flexibles	64
Tabla 6 - Especies bio- incrustantes frecuentes.....	74
Tabla 7 – Especies predominante según Filum en el Bio-fouling.....	74
Tabla 8 -Especies de fouling reconocidas en las redes de cultivo por Región, Fuente: Entrevista	76
Tabla 9 - Resultado de los organismos encontradas en la muestra 1 de la malla T1. -	77
Tabla 10 - Resultado de los organismos encontradas en la muestra 2 de la malla T1.	79
Tabla 11 -Resultado de los organismos encontradas en la muestra 3 de la malla T1.	82
Tabla 12 - Resultado de los organismos encontradas en la muestra 4 de la malla T2.	83
Tabla 13 - Resultado de los organismos encontradas en la muestra 1 de la malla T2.	83
Tabla 14- Resultado de los organismos encontradas en la muestra 2 de la malla T2.	85
Tabla 15- Resultado de los organismos encontradas en la muestra 1 de la malla T5	86
Tabla 16 - Resultado de los organismos encontradas en la muestra 2 de la malla T5	88
Tabla 17 -Diversidad promedio de macroincrustantes recuperados de las tres mallas técnicas de uso en la industria acuícola analizadas.....	90
Tabla 18 - Resistencia total y coeficiente de arrastre redes en estudio de redes limpias	97
Tabla 19 - Resistencia total y coeficiente de arrastre redes en estudio de redes sucias (con bio-fouling).....	98
Tabla 20 - Coeficientes de arrastre empíricos para cada red estudiada (T1 a T5)	104
Tabla 21 - Coeficientes de arrastre para las diferentes redes de cultivo (T1 a T5)	107
Tabla 22 - Caracterización redes peceras en la etapa de recepción.....	110
Tabla 23 - Caracterización de la red pecera en etapa de engorda	110
Tabla 24 - Caracterización red lobera	111
Tabla 25 - Especies fouling reconocidos o identificados en redes de cultivo	111
Tabla 26: Resultados entrevista. Respuestas entregadas por entrevistados respecto a los tipos de redes utilizadas en cuanto a materialidad, resistencia máxima a la tensión, titulación, tamaños de malla y construcción de la red. Las menciones corresponden a la frecuencia con la cual se mencionó el material correspondiente. PA: Poliamida, PES: Poliéster, PE: Polietileno	119
Tabla 27: Características redes tipo H.....	126
Tabla 28 - Traslado e instalación de redes en el agua	133
Tabla 29 - Reparación y lavado in situ de redes.....	134
Tabla 30 - Trabajos en taller	135
Tabla 31: Fallas y acciones correctivas en el proceso de mantenimiento y reparación de redes ...	137
Tabla 32: Método de revisión de la red lista para despacho.....	139

INDICE DE ANEXOS

<u>13</u>	<u>ANEXOS</u>	162
13.1	<u>Anexo 1- Encuesta Estudio de Redes Utilizadas en la Salmonicultura</u>	162
	<u>Entrevista</u>	162
13.2	<u>Anexo 2 – pruebas experimentales</u>	164
13.3	<u>Anexo 3 (fotografía entrevista)</u>	180
13.4	<u>Anexo 4: Datos de personas y empresas entrevistadas</u>	184
13.5	<u>Anexo 5: Fotografías de taller de difusión</u>	190
13.6	<u>Anexo 6: Listado de asistentes al taller de difusión</u>	192

1 RESUMEN EJECUTIVO

El presente Informe presenta los resultados finales del proyecto titulado “PROPUESTA DE ELEMENTOS TÉCNICOS A CONSIDERAR PARA LAS PRUEBAS DE RESISTENCIAS DE REDES, ESTIMACIÓN DE VIDA ÚTIL, Y VERIFICACIÓN/CERTIFICACIÓN DE REDES”. Para tales efectos el proyecto presenta un estado del arte del ciclo de vida de las redes de contención y loberas de la industria salmonera, para posteriormente entregar insumos para complementar e incluir mejoras en el tópico de redes abordado por la Res. Ex. SSPA N° 1821-20. Revisando los estándares de calidad de las pruebas de tensión asociadas a las redes y laboratorios, talleres de redes, fabricante de paños redes, así como también proponer los protocolos de verificación y certificación que acrediten el buen desempeño de estas de tal forma de minimizar la probabilidad de escapes de los organismos en cultivo.

En relación con el objetivo específico 1, podemos mencionar que se revisaron las normas que se aplican para las tensiometrías en la industria salmonera y que corresponden principalmente a la ISO 1806, DIN 53844 y la JIS 1043 pudiendo destacar que todas ellas se utilizan para paños de redes flexibles. De estas normas, la ISO 1806 y DIN 53844 se diferencian básicamente en que esta última considera la variable velocidad de recorrido de la prueba. Mientras que, la norma JIS 1043 es aplicada a paños de construcción torcida sin nudos, ya que el cruce entre hilos que conforman la malla se desplaza al aplicar la fuerza de tensión tal cual se aplica en la norma ISO 1806 y DIN 53844.

Respecto al objetivo 2 en lo que tiene relación con el fouling, existen diferencias en los organismos incrustantes de las redes entre las regiones Los Lagos, Aysén y Magallanes. La principal diferencia, que tiene mayor impacto sobre la resistencia hidrodinámica, son los mitílidos, ya que estos están presentes abundantemente en la región de Los Lagos dada la existencia de bancos naturales. Por otra parte, en orden descendente, el crecimiento del fouling es mayor en la región de Los Lagos, Aysén y Magallanes a un mismo periodo de tiempo, debido a las condiciones ambientales principalmente por la temperatura del agua de mar. Lo anterior, se desprende de las entrevistas realizadas a la industria y el estado del arte.

En lo que respecta al análisis de pruebas hidrodinámicas realizadas en el canal de pruebas hidrodinámicas de la UaCH, podemos evidenciar que tanto la fuerza de arrastre y los coeficientes resistivos se incrementan por efecto del nivel de incrustación frente a un paño de red limpio de las mismas características de diseño y tipo de construcción, lo que genera un efecto directo en las tensiones del sistema de fondeo. De la determinación experimental de arrastre en las redes evaluadas, es posible observar que poseen un coeficiente de arrastre en el rango esperado para redes limpias, cuyos valores concuerdan con el rango de valores de la literatura para redes de Nylon con geometrías similares. Lo relevante del estudio es que se confirma que los valores de coeficientes de arrastre no presentan variaciones significativas una vez se alcanzan velocidades superiores a los 0.3 m/s, manteniéndose estable hasta los valores estudiados de 1.5 m/s, velocidad que representa una corriente superior a 3 nudos. Esto entrega por vez primera la certeza en los valores de coeficiente de arrastre para los tipos de redes en condición limpia más usadas en la industria nacional, pudiendo ser usados en las memorias de cálculo para la determinación de cargas globales en condición de centro con redes sin presencia de biofouling.

En cuanto a los datos obtenidos para redes con presencia de biofouling, es posible observar que la razón de solidez es cercana al doble del valor en condición de red limpia. Estos valores de razón de solidez inducen coeficientes de arrastre que presentan un aumento entre 1.5 y 2.25 veces el valor obtenido en condición de red limpia, dependiendo de la geometría de la red y el régimen de flujo en el cual se han estudiado. Esto es superior a lo que actualmente se considera en el cálculo

de acuerdo con la Res. Ex. 1821 en donde se asume un aumento del 50% en el área proyectada de la red para simular el efecto del biofouling en la red. Lo anterior implica cargas significativas sobre el sistema, por lo que se ratifica la necesidad de mantención permanente en las redes, ya que, de acuerdo con la información aquí obtenida, el incremento de carga es significativo y en algunos casos, superior al que se obtiene al incluir los coeficientes de seguridad indicados en la normativa nacional e internacional.

En lo que respecta al objetivo 3 y que tiene relación con identificar los elementos técnicos a considerar para la extensión de vida útil de las redes, se puede corroborar que la resistencia a la ruptura es el parámetro cuantitativo más idóneo para determinar la extensión de una la vida útil de una red para la acuicultura. Por otra parte y de una forma de complementar lo actualmente normado es que se discutieron parámetros cualitativos en las distintas actividades (transporte, manejo, pintura, entre otras) que influyen en la vida útil de la red, los cuales no pueden ser cuantificables mediante un instrumento en las distintas actividades o acciones que se realizan en el ciclo de vida de la red, es que se propone una propuesta de buenas prácticas que pueden contribuir a evitar la ocurrencia de eventos que pueden poner en riesgo la integridad estructural de las redes y por ende provocar escapes de peces indeseados.

Finalmente, del objetivo 4 y 5 y que tiene relación con la determinación de los elementos técnicos para la verificación y certificación de las redes y los requisitos que deben cumplir los laboratorios o talleres especializados en redes para cumplir con una normativa de certificación de redes, es que se elaboraron y se presentan como propuestas de dichos requerimientos de manera de complementar y mejorar la norma ya existente.

2 SUMMARY

This report presents the final results of the project titled "PROPOSAL OF TECHNICAL ELEMENTS TO CONSIDER FOR THE STRENGTH TESTS OF NETS, ESTIMATION OF USEFUL LIFE, AND VERIFICATION/CERTIFICATION OF NETS." For this purpose, the project provides a state-of-the-art review of the life cycle of containment nets and sea lion barriers in the salmon industry. It then provides inputs to complement and include improvements in the topic of nets addressed by Resolution Ex. SSPA No. 1821-20. The project reviews the quality standards of tension tests associated with nets and laboratories, net workshops, net fabric manufacturers, and proposes verification and certification protocols to certify their good performance, thus minimizing the probability of organism escapes during cultivation.

Regarding specific objective 1, the standards applicable to tension tests in the salmon industry were reviewed, mainly ISO 1806, DIN 53844, and JIS 1043. All of them are used for flexible net fabrics. ISO 1806 and DIN 53844 differ in that the latter considers the variable traverse speed of the test. Meanwhile, JIS 1043 is applied to twisted construction fabrics without knots. The growth of fouling is higher in the Los Lagos, Aysén, and Magallanes regions over the same period due to environmental conditions, mainly water temperature. This information is based on industry interviews and the state of the art.

Concerning the hydrodynamic tests analyzed in the UaCH hydrodynamic test channel, it is evident that both drag force and resistive coefficients increase due to fouling compared to a clean net of the same design and construction type. This has a direct effect on the tensions in the mooring system. The experimental determination of drag in the evaluated nets shows coefficients within the expected range for clean nets, consistent with literature values for Nylon nets with similar geometries. The study confirms that drag coefficient values do not vary significantly once speeds exceed 0.3 m/s, remaining stable up to the studied values of 1.5 m/s, representing a current speed exceeding 3 knots. This provides certainty in drag coefficient values for the most commonly used clean nets in the national industry.

Data obtained for fouled nets show that the solidity ratio is nearly double the value in a clean net condition. This induces drag coefficients that increase between 1.5 and 2.25 times the value obtained in a clean net condition, depending on the net's geometry and flow regime studied. This is higher than currently considered in the calculation according to Resolution Ex. 1821, where a 50% increase in the net's projected area is assumed to simulate the biofouling effect. This implies significant loads on the system, confirming the need for permanent maintenance in nets, as the increase in load is significant, and in some cases, higher than that obtained by including safety coefficients indicated in national and international regulations.

Regarding objective 3, which involves identifying the technical elements to consider for the extension of the useful life of nets, it can be confirmed that tensile strength is the most suitable quantitative parameter to determine the extension of the useful life of an aquaculture net. In addition to quantifiable parameters, qualitative parameters were discussed for different activities (transport, handling, painting, among others) that influence the net's useful life. These parameters cannot be quantified through an instrument in the various activities or actions performed in the net's life cycle. Therefore, a proposal for best practices is presented to contribute to avoiding events that could jeopardize the structural integrity of the nets and thus cause escapes of undesirable fish.

Finally, for objectives 4 and 5, which involve determining the technical elements for the verification and certification of nets and the requirements that laboratories or specialized net workshops must meet to comply with a certification standard, proposals for these requirements were developed and presented to complement and improve the existing standard.

3 ANTECEDENTES

El diseño y la instalación de redes es una de las claves en el éxito de la acuicultura. Las redes son las responsables de mantener a los peces contenidos, así como también ayudan en la disminución del número de peces que se escapan, entregando protección contra el ataque de los depredadores acuáticos.

Las redes, a pesar de desempeñar un papel fundamental suelen ser los componentes más débiles de los sistemas de cultivos de peces. Una serie de factores suelen combinarse para producir una falla en la red que provoca la fuga de peces. Como los riesgos tienden a estar interconectados, debe adoptarse un enfoque holístico para examinar el riesgo. Los factores de riesgo suelen ser específicos del lugar y propios de las condiciones de este, el diseño y el funcionamiento del sistema, sin embargo, hay factores comunes que hay que tener en cuenta para gestionar el riesgo (WWF & RSA Aquaculture Risk Management Team. 2016).

Las fallas en las redes pueden dar lugar a lo que se denomina "pérdida de contención", término con el que se designa el escape de peces del recinto de contención al medio ambiente, situación que además de representar una pérdida económica directa para el acuicultor, los peces que se escapan representan un riesgo para la integridad genética de las poblaciones locales de peces salvajes (WWF & RSA Aquaculture Risk Management Team. 2016), entre otros impactos ambientales.

Una de las principales fallas en las redes es la pérdida de resistencia de estas. Las pérdidas de resistencia se pueden producir por diversos factores como mantenimiento, uso y aplicación de pinturas antifouling, etc., las cuales van afectando la red en el transcurso del tiempo. Uno de los objetivos de este proyecto es identificar y proponer los elementos técnicos a considerar para realizar las pruebas de resistencias de redes, considerando diferentes materiales con el cual son diseñadas las mismas tales como nylon, metálicas u otros.

Por otro lado, la estimación de la vida útil, y la verificación y/o certificación de las redes son elementos esenciales para el aseguramiento del desempeño de estas. Se ha evidenciado que la caída de resistencia más fuerte se produce en los primeros 6 meses de uso, la cual es de un 33% promedio principalmente por la impregnación de estas con antifouling riesgo (WWF & RSA Aquaculture Risk Management Team. 2016). Además de confirmar la resistencia de la red y la construcción de esta cuando es nueva, es crucial controlar su rendimiento a lo largo del tiempo, dado que las redes están expuestas a largos periodos de inmersión en el agua. Durante el período de tiempo que están sumergidas, están sujetas a un movimiento constante debido a la acción de las olas y las corrientes, se ven sometidas al roce por embarcaciones, se ven expuestas a la degradación por los rayos ultravioleta, al ensuciamiento biológico, a los ataques de los depredadores y, en algunos casos, a las mordeduras o mordiscos de los peces que se encuentran en ellas.

Dado lo anterior, para optimizar el rendimiento y la seguridad de las redes, garantizando su vida útil, hay que tener en cuenta una serie de factores, como:

- las especificaciones técnicas de la red y de su amarre
- el diseño de la red

- la instalación de esta
- el mantenimiento
- las cuestiones operativas
- las operaciones de transferencia de peces
- la protección contra los depredadores
- entre otros

Dado los efectos y consecuencias producidas debido a las fallas en las redes, es esencial un enfoque exhaustivo y sistemático sobre el mantenimiento de estas, es por ello por lo que el presente proyecto está enfocado en proponer los elementos técnicos a considerar para las pruebas de resistencias de redes, estimación de la vida útil, y verificación/certificación de redes, así como determinar el coeficiente de arrastre. Lo anterior con el objetivo de verificar el buen desempeño de estas, minimizando así la posibilidad de escapes de los organismos en cultivo.

4 JUSTIFICACIÓN

En agosto de 2020 fue publicada en el diario oficial la Res. Ex. SPPA N°1821-20, la cual establece las metodologías para el levantamiento de información, procesamiento y cálculos del estudio de ingeniería, y especificaciones técnicas de las estructuras de cultivo. Esta normativa establece los requerimientos específicos para el diseño de las balsas jaulas y fondeos, así como las características ciertos elementos como las redes peceras, y en menor grado las redes loberas, para que sean capaces de soportar las fuerzas ambientales que afectan a estas estructuras, con el objeto de prevenir los escapes de peces.

Dado lo anterior, y como una forma de complementar e incluir mejoras en el tópico de redes abordado por la Res. Ex. SSPA N° 1821-20, este proyecto busca revisar los estándares de calidad de las pruebas de tensión asociadas a las redes y cabos de redes, así como también buscar los protocolos de verificación y certificación que acrediten el buen desempeño de estas de tal forma de minimizar la probabilidad de escapes de los organismos en cultivo.

5 OBJETIVO GENERAL

Proponer los elementos técnicos a considerar para las pruebas de resistencias de redes, estimación de la vida útil, y verificación/certificación de redes.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

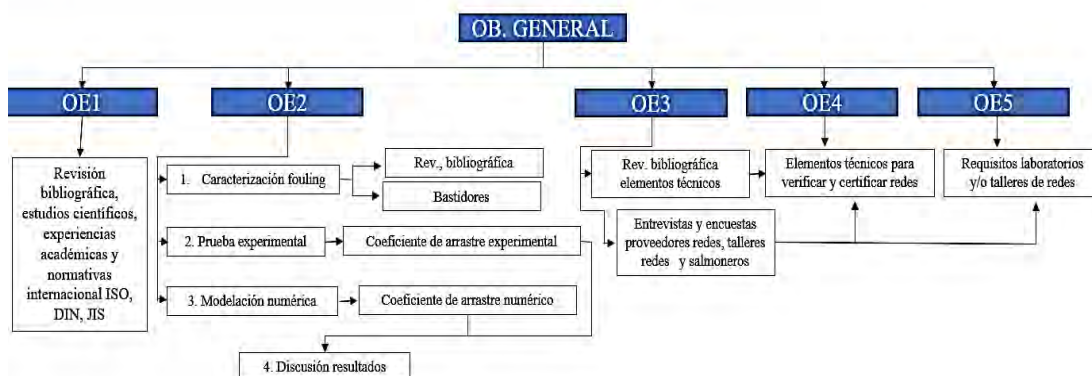
- 5.1** Identificar los elementos técnicos para realizar las pruebas de resistencia de redes en base a normativas existentes (por ejemplo, ISO 1806-2002, 1107-2003, etc.) u otros.
- 5.2** Estimar el coeficiente de arrastre para una red de cultivo de salmones, con fouling.
- 5.3** Identificar los elementos técnicos a considerar para la extensión de vida útil de las redes.
- 5.4** Determinar los elementos técnicos para la verificación y certificación de las redes, y entregar una propuesta de los protocolos para dichas verificaciones y/o certificaciones.
- 5.5** Proponer los requisitos que deben cumplir los laboratorios o talleres especializados en redes, para cumplir con una normativa de certificación de redes.

6 METODOLOGÍA POR OBJETIVOS

6.1 Objetivo General (OG): Proponer los elementos técnicos a considerar para las pruebas de resistencias de redes, estimación de la vida útil, y verificación/certificación de redes

Para cumplir con el Objetivo General (Esquema 1) se realizó una revisión bibliográfica de estudios científicos, experiencias académicas y normativas internacionales ISO, DIN, JIS que determinan las metodologías de análisis y/o pruebas de resistencia de redes para la acuicultura, identificando los elementos claves a considerar en esta materia. Para contextualizar la revisión bibliográfica, se realizó un levantamiento de información a través de entrevistas (actividades generales) a proveedores de redes, talleres de redes y salmoneros, con el fin de caracterizar y aproximar la realidad de la industria chilena, en materia de mantenimiento, elementos claves relevantes y considerados por los usuarios y las pruebas de resistencia en las redes de cultivo que se realizan actualmente. En este mismo contexto, posteriormente, se estimó de manera experimental el coeficiente de arrastre de las redes cultivos más representativas de la industria chilena con y sin fouling, en el canal de pruebas hidrodinámico de la Universidad Austral de Chile. Primeramente, se realizaron las pruebas en el canal con las redes limpias (sin fouling), identificando los coeficientes de arrastre para cada red utilizada (Redes de recepción, engorda y loberos). En segundo lugar, para realizar las pruebas con redes con fouling se instalaron bastidores de redes en la isla Maillen, Puerto Montt, entre el 15 de enero y 30 mayo del 2023, siendo transportadas aproximadamente 220 km con fouling e inmersas en agua salada a los emplazamientos de la Universidad Austral de Chile (UACH), Campus Florida, Valdivia. De manera complementaria, se calcularon coeficientes de arrastre por formulaciones empíricas y actualmente se están realizando simulaciones numéricas para obtener los coeficientes de arrastre con los softwares ANSYS y AquaSim, modelos de volumen y elemento finito respectivamente. Estos resultados empíricos, numéricos y experimentales serán discutidos con el fin de proponer coeficientes de arrastres para las redes analizadas. Finalmente, para cumplir con el objetivo general (OG) se identificaron los elementos técnicos claves para verificar y certificar las redes utilizadas en la industria, con los respectivos requisitos que deben cumplir legal o normativamente los laboratorios y/o talleres de redes.

Esquema 1 - Metodología general



6.1.1 Actividades generales

A. Entrevistas proveedores y usuarios de redes para la acuicultura

Durante la ejecución del mes 1 y 2 del proyecto, se realizó una entrevista a empresas tanto proveedoras como usuarias de redes para la acuicultura. Esto con el fin de profundizar y considerar la opinión técnica de personas que se dedican a las labores referente a las redes para la acuicultura. El número de entrevista estuvo condicionada al número de personas que formaron parte de estos equipos, y a los roles o funciones que cada una de ellas tenga en las empresas que aceptaron las entrevistas. Entre estas empresas, participaron para las entrevistas, proveedores de paños de red: Badinotti, Fimar, FISA, talleres de redes: Ingered, Marmau, Badinotti net services, Patagonia Net systems, SOTO.... Mientras que, entre las empresas usuarias de estas redes, participó Invermar, Blumar y Cook Aquaculture.

En términos metodológicos, las entrevistas realizadas fueron de dos tipos: una entrevista estructurada, y una semi estructurada. Para las entrevistas estructuradas, los profesionales de PUCV vinculados al proyecto, en base al conocimiento adquirido durante la fase de levantamiento de información bibliográfica y experiencia propia, se plantean algunas hipótesis respecto a conceptos fundamentales, aspectos técnicos, operativos y logísticos. En base a estos conceptos, se elaboró el guion de la entrevista (Anexo 1) en base a preguntas que permiten contrastar las experiencias y conocimiento de los profesionales entrevistados y las hipótesis planteadas. Básicamente, lo que se buscó con esta entrevista es lograr un mejor entendimiento de los aspectos técnicos específicos de las redes peceras y loberas utilizadas en la salmonicultura, así como también resolver dudas surgidas durante la fase preliminar del estudio.

En la construcción de este tipo de entrevista, se emplearon principalmente preguntas de contrastación, lo que permitió a los investigadores una forma para alcanzar un mejor entendimiento del valor específico de materias por las cuales fueron consultados los entrevistados.

La entrevista semi estructurada en cambio, buscó recoger las opiniones de los profesionales técnicos entrevistados sobre aspectos técnicos y operativos de las redes peceras y loberas, tanto en su fase operativa como tal, y las distintas fases de construcción y mantención de estos.

En la construcción de este tipo de entrevista, se emplearon principalmente abiertas, facilitando la expresión más libre del entrevistado, promoviendo la comprensión técnica personal que tienen los entrevistados acerca de las redes peceras y loberas. Recogiendo sus experiencias y conocimiento sobre análisis mecánicos empleados, sistemas de extensión de vida útil, certificaciones utilizadas y estándar general de la industria en materias de producción, operación, mantención, extensión de vida útil de las redes peceras y loberas utilizadas por la industria salmonera.

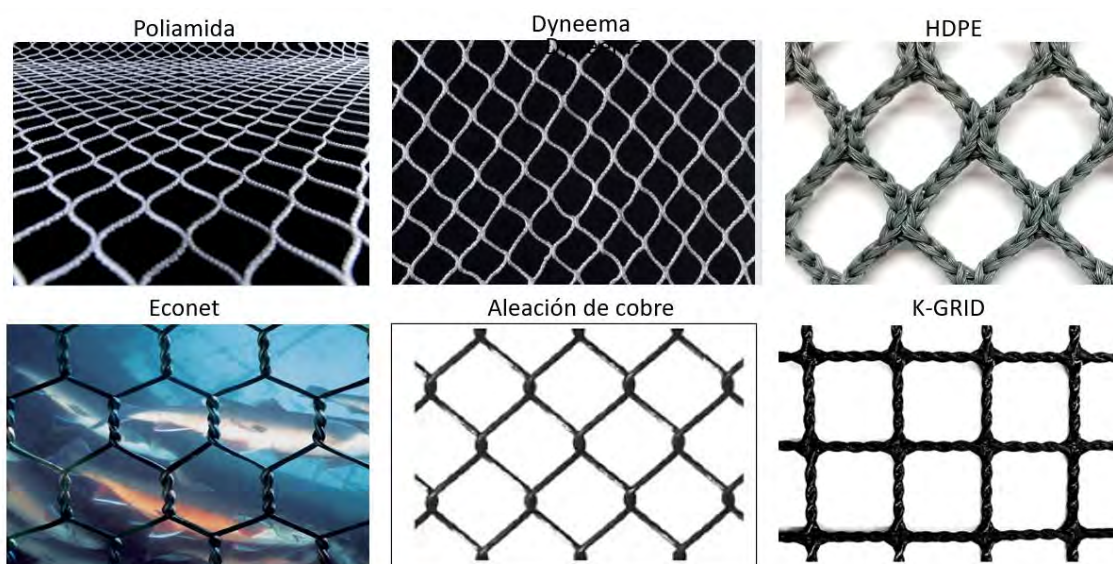
6.2 OE1: Identificar los elementos técnicos para realizar las pruebas de resistencia de redes en base a normativas existentes (por ejemplo, ISO 1806-2002, 1107-2003, etc.) u otros.

Para cumplir con el objetivo específico 1 se realizó una rigurosa revisión bibliográfica de normativas internacionales ISO / DIN / JIS que caracterizan procedimientos y/o metodologías de pruebas de resistencia en redes que son utilizadas para la acuicultura.

Estas pruebas de resistencia caracterizan principalmente la tracción y elongación de los hilos que se utilizan en cada red, para estimar y determinar sus propiedades mecánicas, ya que en la actividad acuícola existen varias acciones de manejo que hacen disminuir la resistencia de material en el tiempo. Por ejemplo, el lavado de redes, los procedimientos térmicos, el tratamiento con pintura antifouling, mantenimiento, etc. Cabe considerar que los materiales también se degradan por la luz solar, efectos térmicos y humedad. Considerando que la degradación en tierra y mar son diferentes, por lo tanto, la alta humedad acelera la tasa de degradación. En consecuencia, se determino y selecciono las metodologías de resistencia de cada norma para el análisis de futuras pruebas, verificando sus propiedades y parámetros que posteriormente contribuyó a plantear las directrices de sus respectivos usos.

En la industria chilena, tradicionalmente se utilizan redes flexibles con dos funciones principales; confinar los peces en donde se desarrolla el proceso de crecimiento de estos (redes peceras) y la segunda función o uso, es en redes anti predadoras evitando como se indica que predadores como el lobo puedan interactuar con los peces de cultivo. Las redes flexibles tradicionalmente son construidas en fibras sintéticas como poliamida y poliéster, avanzando en los últimos años a polietileno, dyneema, Endumax y otros desarrollos de super fibras o con almas de acero inoxidable o aleación cobre (Figura 1).

Figura 1 - Tipos de redes tradicionalmente utilizados en la industria chilena



Las fibras brevemente descritas son tejidas en diferentes tipos de máquinas como son tejido Raschel, torcido con nudo, trenzado con nudo, torcido sin nudo (muketsu) y trenzado sin Nudo (Ultracross, braided muketsu). Otra gran línea de desarrollo es las redes rígidas o semi- rígidas en

diferentes materialidades y construcciones como redes de aleación de cobre o acero, Kikonet (econet); Kgrid, entre otros. El líder en el mercado de las redes en salmonicultura chilena es Badinotti empresa instalada en Pto Montt desde el año 2001, siendo actores importantes también FIMAR, FISA; Actores emergentes Garware (India) y actores menores otras empresas como Citadini, redes Salinas, Euronete.

El porcentaje indicado es especialmente importante en redes peceras tanto de recepción como engorda, irrumpiendo más actores en redes loberas. Los calibres (expresado como resultado de resistencia a la ruptura) y claros de malla (utilizada en la industria) son variables tanto para recepción como para engorda en medida las diferentes compañías salmoneras no existiendo estandarización (solamente la incorporación del nuevo reglamento incrementará los calibres mas no estandariza). En lo referente a redes loberas existe un tamaño máximo de malla para evitar el amallamiento de lobos y calibres crecientes.

A continuación, valores de redes en construcción rashel en mallas de recepción y engorda y breided con nudo para lobero:

- ✓ Malla recepción 1 a 1,5” Claro de malla, 210/120 app 110 kgf
- ✓ Malla Engorda 2 a 2,5” claro de malla 210/238 o más 200 kgf
- ✓ Lobero 10 a 10,5 “210/570 600 kgf

De acuerdo con lo anterior, los elementos técnicos potenciales a evaluar para este objetivo según ISO 3790, ISO 858, ISO 1805 y/o DIN 53844 en una normativa de resistencia redes son las siguientes:

- ✓ Fecha de la prueba
- ✓ Tipo de material, densidad, tamaño, construcción de hilo y tipo de malla.
- ✓ Tipo de máquina y capacidad para realizar pruebas de tracción
- ✓ Duración de cada prueba realizada (segundos)
- ✓ Método de muestreo empleado
- ✓ Número de muestras analizadas
- ✓ Número de pruebas irregulares
- ✓ Tipo y tiempo de humectación en el material a prueba.
- ✓ Alargamiento medio del material a la mitad de la carga de rotura (expresado en %).
- ✓ Fuerza de ruptura expresa en decaNewkton (daN) o Newton.
- ✓ Coeficiente de variación de la fuerza de ruptura e intervalo de confianza (El intervalo de confianza puede calcularse mediante métodos estadísticos conocidos)
- ✓ Longitud promedio de ruptura (expresado en %).

6.3 OE2: Estimar el coeficiente de arrastre para una red de cultivo de salmones, con fouling

En términos generales para cumplir con el objetivo específico 2, se realizó una búsqueda de información referente a los coeficientes de arrastre (Cd) de los distintos tipos de redes utilizadas

en la industria, tanto paños de redes peceras como loberas con y sin fouling. Dicha búsqueda de información se realizó mediante el análisis de publicaciones científicas, informes técnicos confiables, trabajos de investigación, entre otros. Por otra parte, de manera complementaria, se estimaron los coeficientes de arrastres de las redes de cultivo mediante pruebas experimentales en el canal de pruebas hidrodinámico de la Universidad Austral de Chile para cada tipo de red o grupo de redes (configuración, tamaño de malla y materialidad) más utilizadas en la industria según las entrevistas realizadas a proveedores, talleres de redes y salmoneros. Cabe destacar que las estimaciones de Cd de los paños con y sin fouling fueron realizadas de acuerdo con la instalación de bastidores en la X región, Isla Maúllen, Puerto Montt. Lugar seleccionado para instalar estos bastidores de acuerdo con las características de la especie predominante de biofouling relevante en función de las fuerzas de arrastre, considerando que en la X región según publicaciones científicas y entrevistas, predomina la especie más importante que genera arrastre en las redes: los mitílidos. Para este caso en particular, la Isla Maillen es un lugar de captación de semillas de mitílidos y, además, es un lugar estratégico para la logística de transporte de los paños que nos implica entre el lugar de los bastidores y el canal de prueba de la Universidad Austral de Chile, campus Miraflores, ubicado en Valdivia (4 hrs app en camioneta).

6.3.1 Caracterización fouling

Para caracterizar el fouling existente en la zona de estudio se recurrió a estudios bibliográficos, publicaciones científicas, revistas, entrevistas a productores de la actividad acuícola entre la Región de Los Lagos y Región de Magallanes, con el fin de determinar las especies predominantes y relevantes en la fuerza de arrastre de las redes de cultivo. Las comunidades en los sitios de acuicultura a menudo están dominadas por mitílidos, hidroides, ascidias y algas (por ejemplo, Fitridge et al., 2012 y Bloecher, et al., 2013). Estos organismos difieren en tamaño, forma y flexibilidad y afectarán la fuerza de arrastre en las redes de manera diferente.

Para tales efectos, se seleccionó una especie predominante en los porcentajes de cobertura de las redes y biomasa de acuerdo con la entrevista realizada a los actores principales de las redes de cultivo en la salmonicultura (Productores de redes, talleres de redes y salmoneros), debido a que estos parámetros en la práctica intensifican la fuerza de arrastre de manera relevante y, por ende, las tensiones en los sistemas de fondeo, incrementando las probabilidades de colapso del sistema de cultivo. En consecuencia, tras seleccionar la especie relevante de biofouling para el diseño de los sistemas de cultivo, se seleccionó una zona de cultivo entre estas 3 regiones que esté caracterizada por esta especie, con el propósito de instalar bastidores con las diferentes redes de estudio para generar y/o producir paños con aproximadamente 50% de cobertura con biofouling relevantes para la fuerza de arrastre, que servirán posteriormente para los ensayos y análisis experimentales para determinar el coeficiente de arrastre en el canal de prueba de la Universidad Austral de Chile.

6.3.2 Instalación de bastidores

En la isla Maillen (Latitud 41° 34' 10.39" y longitud 72° 58' 12.69") X Región, Puerto Montt, Chile, se instalaron bastidores flotantes, estructura similar a un sistema de cultivo tipo longline doble (Figura 3), conformado por una línea madre doble de una longitud de 40 metros con cabos de diámetro de 20 mm, 5 flotadores de 350 litros, líneas de fondeo con cabos de diámetro de 20 mm y cubos de paños de redes 0,72 m³ fabricado con barras de acero de 8 mm. Cada cubo contuvo 4 paños de red de 0,81 m² (0,9 x 0,9 m), siendo un total de 20 cubos y 80 paños de red (Figura 2), existiendo 5 tipos de redes de diferentes (Poliamida y polietileno). Los 5 tipos de paños

más representativos de la industria (Figura 4) de acuerdo con la información relevante extraída de las entrevistas realizadas a los actores principales de la industria en ámbito de redes: Salmoneros, fabricantes y talleres de redes. Los cubos se realizaron con barras de acero por su rigidez y resistencia, además de su disponibilidad y fácil manipulación.

Se seleccionó esta región debido a que predominan las bioincrustaciones en las redes de cultivo más relevantes en función de la fuerza de arrastre. Estos bastidores estuvieron instalados en el sitio seleccionado aproximadamente 4 meses, entre el 15 de enero y 30 de mayo del 2023 aproximadamente, con el fin de obtener una gran cobertura de biofouling en los paños instalados. Esta experiencia nos entregó los materiales claves y necesarios para generar los ensayos experimentales en el canal de pruebas de la Universidad Austral de Chile, contemplando que actualmente se están realizando las pruebas experimentales para obtener el cd de las redes con biofouling.

Figura 2- Sistema de flotación con bastidores de paños de redes, modelo concepto.

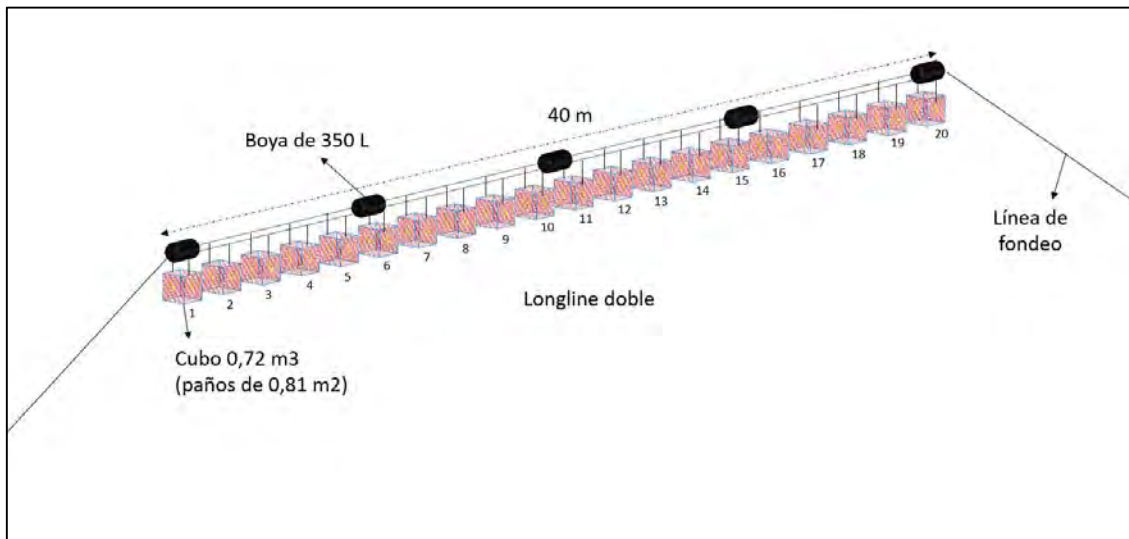


Figura 3 - Sitio de instalación de bastidores de paños de redes



Las redes instaladas en los bastidores son las siguientes:

1. Redes peceras de recepción:

- Red de polietileno (PE) titulación H440/30, torcido sin nudo con tamaño de malla de 1 pulgada denominada **T1**.
- Red de Poliamida (PA) titulación 210/120, raschel con tamaño de malla de 1,5 pulgadas denominada **T2**.

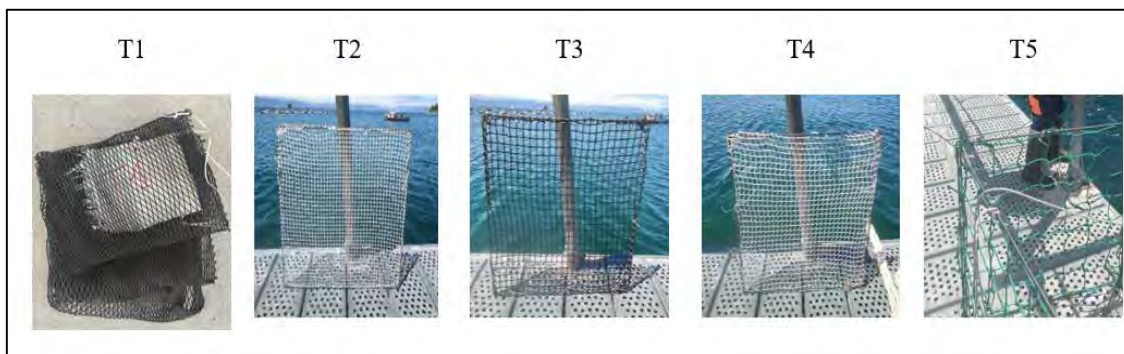
2. Redes peceras de engorda:

- Red de poliamida (PA) titulación 210/200, raschel de tamaño de malla de 2 pulgadas denominada **T3**
- Red de polietileno (PE) titulación 100/151 raschel con tamaño de malla de 2,5" denominada **T4**

3. Red lobera:

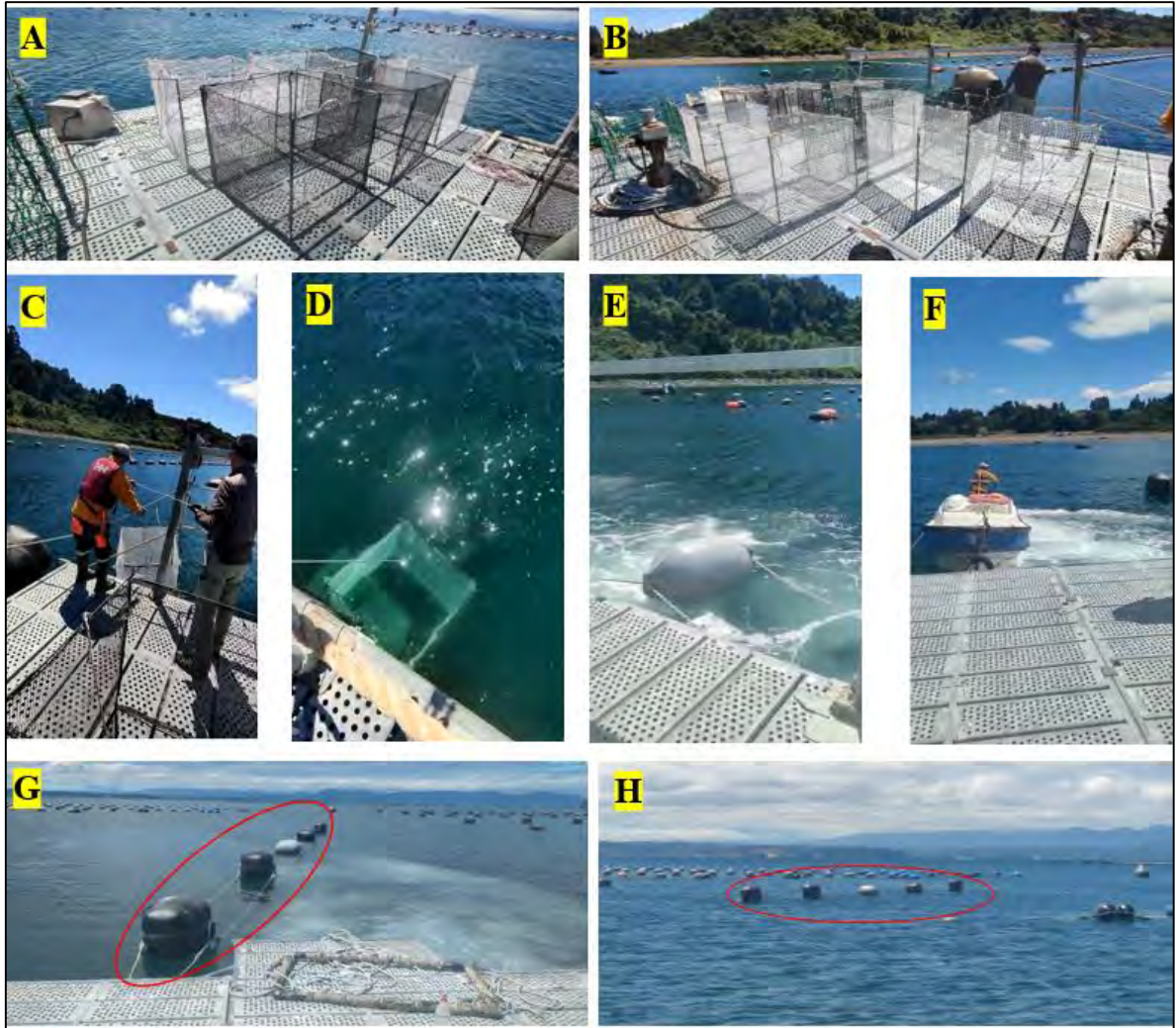
- Red de polietileno (PE) 5-6mm de diámetro, braided con nudo en tamaño de malla de 10 pulgadas denominada **T5**.

Figura 4 - Tipos de redes instaladas en bastidores



En la semana del 15 de enero del 2023, se realizó la instalación de los bastidores en la isla Maillen (Figura 5, A) a través de un muelle flotante. En el primer ciclo operativo, desde Puerto Montt a la isla Maillen se transportaron los marcos de acero con los paños de red de forma individual, confeccionando los cubos *in situ* en el muelle flotante (Figura 5, A), posteriormente se comenzó a construir el sistema de cultivo tipo longline doble, uniendo la línea madre con los flotadores de 350 litros (Figura 5, B). Aquella implementación se realizó por medio de una grúa manual para facilitar la operación, luego se comenzó a instalar los cubos de redes en la línea madre a un costado del muelle flotante (Figura 5, C y D). Posteriormente, de instalar completamente los 20 cubos de paños de red en la línea madre del longline doble, al costado del muelle flotante, se remolcó a través de una embarcación el sistema de flotación al lugar de instalación (Figura 5, E y F) para preparar los últimos detalles: revisar amarras, uniones, estabilidad del sistema de manera *in situ*, etc. Finalmente, luego de revisar y aprobar el armado y estabilidad del sistema de flotación, se instaló de forma definitiva los bastidores (Figura 5, G y H) en el sitio de cultivo, fondeada a muertos masicos de 25 toneladas existentes en la concesión acuícola de acuerdo con otros sistemas existentes de cultivo tipo longline.

Figura 5 - Proceso de instalación de bastidores en Isla Maillen



6.3.3 Estimación coeficiente de arrastre - Prueba experimental (canal de ensayo)

Para cumplir con el desarrollo del objetivo específico 2 se realizó la prueba experimental para estimar los coeficientes resistivos en el canal de pruebas hidrodinámico de la Universidad Austral de Chile, obteniendo a través de sensores la fuerza de arrastre a diferentes velocidades de corrientes sobre redes tradicionalmente usadas en la industria acuícola chilena. El uso y proyección de estas redes estuvo supeditada a las entrevistas realizadas a los actores principales de las redes de cultivo (talleres, proveedores y salmoneros). Es por esto, que, estos ensayos experimentales permitieron obtener información relevante para la determinación de carga por corriente en la red, principal componente de la fuerza con la cual se diseña el sistema de fondeo de una balsa jaula en el sur de Chile.

Para los ensayos experimentales en el canal de prueba, se estudiaron los paños de redes flexibles, categorización casi única en Chile, considerando que existen otras tales como: semirígidas y rígidas. Entre las redes flexibles, se utilizaron redes del tamaño de malla mínimo y máximo, utilizado normalmente por la industria durante la fase de engorda de salmones y truchas, los cuales son redes de tamaño de malla entre 1” título 210/120 (configuración con mayor solidez) y 2,5” título 210/238 (configuración que permanece mayor tiempo en el ciclo de cultivo), dimensiones y títulos que corresponden a las y entrevistas realizadas

Para cada una de las redes utilizadas se evaluaron 2 etapas en el canal de prueba:

- 1) Etapa 1: redes limpias con 0% de cobertura de fouling y,
- 2) Etapa 2: redes sucias con 50% de cobertura fouling.

Indicando la solidez para cada paño limpio y con bio-fouling. Los ensayos hidrodinámicos se realizaron a 5 intensidades de corriente 0.3, 0.6, 0.9, 1,20 y 1.5 m/s, completando un total de 150 ensayos (Tabla 1 y Tabla 2)

Tabla 1 - Matriz de análisis en canal de prueba Uach

Tipos de paños	Velocidades (m/s)	Tamaño de red	Fouling
1) Redes flexibles: 1 Poliamida 2 Polietileno	0,30	1) Recepción (1” y 1,5”) (Poliamida y polietileno)	1) Cobertura del 0% 2) Cobertura del 50%
	0,60		
	0,90	2) engorda (2 y 2,5 “) (Poliamida y polietileno)	
	1,20		
	1,50	3) Lobero (10”) (polietileno)	

Tabla 2 - Numero de ensayos en el canal de prueba

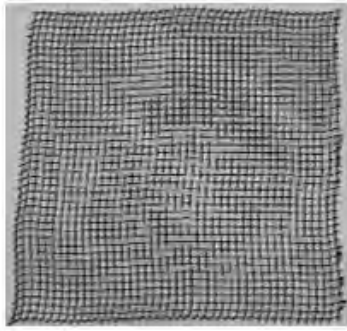
N° de paños	N° de velocidades	N° Fouling	N° de repeticiones / réplicas	N° de ensayos
5	5	2	3	150

Para realizar el ensayo hidrodinámico, las redes seleccionadas fueron instaladas en un marco rígido a una profundidad que evite la interacción de la superficie libre, paredes y fondo entre el paño y el canal, a fin de asegurar la calidad de los datos. El marco estaba soldado al carro de arrastre del canal de prueba a fin de simular el efecto de la corriente sobre la red (ángulo de ataque 90°, peor condición), remolcando el sistema marco-red a lo largo del tanque. Las mediciones de fuerza de arrastre fueron tomadas mediante un sensor de carga sumergible, obteniendo mediciones de carga de forma directa, en función del tipo de red que se esté evaluando y las velocidades de ensayo a las cuales será sometida. Esto permitió caracterizar la red en términos de la fuerza de arrastre para cada paño ensayado, para posteriormente, a través de la ecuación de Morison, obtener de esta forma el coeficiente de arrastre en función del área proyectada o área expuesta de la red, con lo cual es posible evaluar la resistencia total de la red instalada en el sitio en estudio.

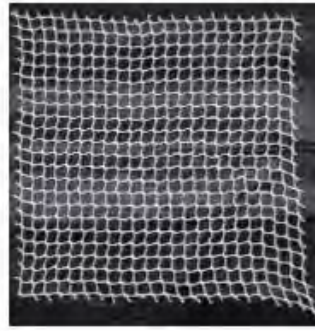
Este carro se remolcó a velocidades constantes en 3 oportunidades para cada red, por lo tanto, el coeficiente de arrastre obtenido es el promedio de las repeticiones. Además, su cálculo fue determinado con una celda de carga, realizando la sustracción entre esfuerzo total y esfuerzo en el marco, para luego reemplazarlo en la ecuación de Morison et al., 1950.

Las redes utilizadas se codificaron de la manera descrita en la Figura 6 y las características de su geometría se muestran la Tabla 3. Previo a los ensayos, se utilizó un trozo de cada red, en base al cual se obtuvo la razón de solidez, parámetro que relaciona el área proyectada de la red con el área total del paño y que es un parámetro crucial a la hora de determinar el coeficiente de arrastre de las redes. La determinación de la razón de solidez se realizó en base a un análisis de imágenes, para lo cual se toma una imagen en alta resolución del paño de red sobre una superficie que genere alto contraste. Dicha fotografía luego fue transformada a una imagen binaria, lo que permite identificar los píxeles que corresponden a la red y aquellos que corresponden al resto de la imagen, un ejemplo de este proceso se muestra en la Figura 7 para la red T1. La relación entre los píxeles de red y el total de píxeles en la imagen permitió obtener la razón de solidez de cada una de las redes analizadas.

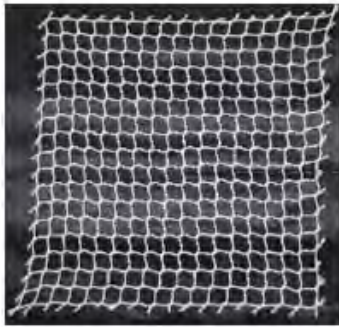
Figura 6 - Redes limpias utilizadas en el canal de prueba



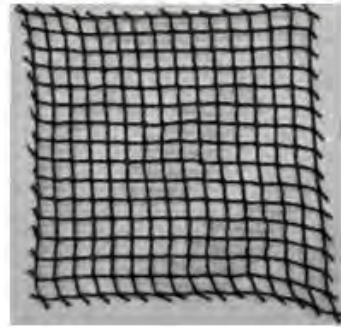
T1



T2



T3

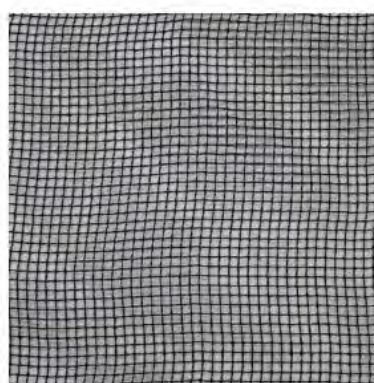


T4



T5

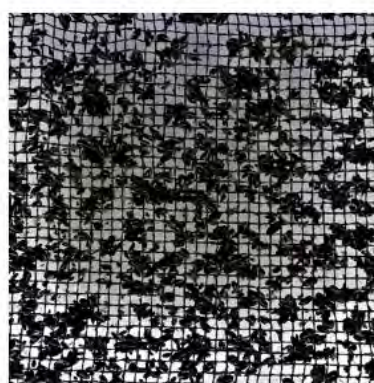
Figura 7 – Ejemplo análisis fotográfico para obtener la solidez del paño de red.



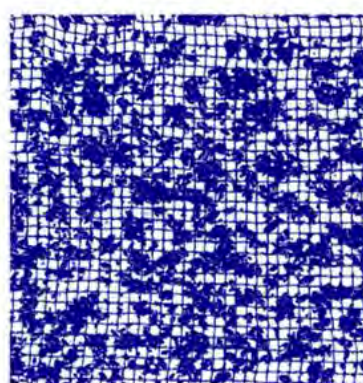
(a) Imagen T1



(b) Imagen binaria T1



(c) Ejemplo red T1 con biofouling



(d) Ejemplo red binaria T1 con biofouling

Tabla 3 - Características de redes utilizadas en el canal de prueba

Característica	T1	T2	T3	T4	T5
Geometría	Cuadro sin nudos	Cuadro sin nudos	Cuadro sin nudos	Cuadro sin nudos	Cuadro con nudos
Largo de la barra (mm)	13	21	30	35	135
Diámetro del hilo (mm)	2.0	3.0	3.5	5.0	6.5
Numero de cuadros en sentido longitudinal	42	22	17	15	4
Número de cuadros en sentido transversal	42	22	17	15	4
Razón de solidez	0.2703	0.2703	0.2564	0.3071	0.1312
Razón de solidez teórica para redes con apertura cuadrada					
$S_n = \frac{2Ld - d^2}{L^2}$ L: largo del hilo d: diámetro del hilo¹	0.2840	0.2653	0.2197	0.2653	0.0939

¹ Igor Tsukrov, Andrew Drach, Judson DeCew, M. Robinson Swift, Barbaros Celikkol, Characterization of geometry and normal drag coefficients of copper nets, Ocean Engineering, Volume 38, Issues 17–18, 2011, Pages 1979–1988, ISSN 0029-8018, <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2011.09.019>.

Tal como se mencionó anteriormente, las redes fueron instaladas en un marco a una profundidad que evite la interacción de la superficie libre con el paño, a fin de asegurar la calidad de los datos. El marco, cuyas dimensiones son 453mm x 445mm, se hace solidario al carro de arrastre del tanque a fin de simular el efecto de la corriente sobre la red, remolcando el sistema marco-red a lo largo del tanque. Las mediciones de fuerza de arrastre fueron tomadas mediante un sensor de carga sumergible, obteniendo mediciones de carga de forma directa, en función de la geometría de la red y las velocidades de ensayo a las cuales se sometió.

Lo anterior permitió caracterizar las redes en términos de la carga total para el paño ensayado, así como también, el coeficiente de arrastre en función del área proyectada o área expuesta de la red, con lo cual fue posible evaluar la resistencia total de la red instalada en el sitio en estudio.

De acuerdo con los datos de las velocidades de corriente propuestas en el ensayo experimental, se realizaron ensayos en 5 velocidades, desde 0.3 m/s hasta 1.5 m/s en pasos de 0.3 m/s. Lo anterior permitió tener un espectro amplio de datos, pudiendo caracterizar el arrastre de la red en un rango de condiciones, obteniendo valores de arrastre en velocidades por sobre las reportadas, considerando que en la literatura técnica se consideran velocidades de hasta 1.0 m/s.

Las condiciones de ensayos realizados son las siguientes:

- Marco sin red
- Marco y red
- Marco y red con biofouling

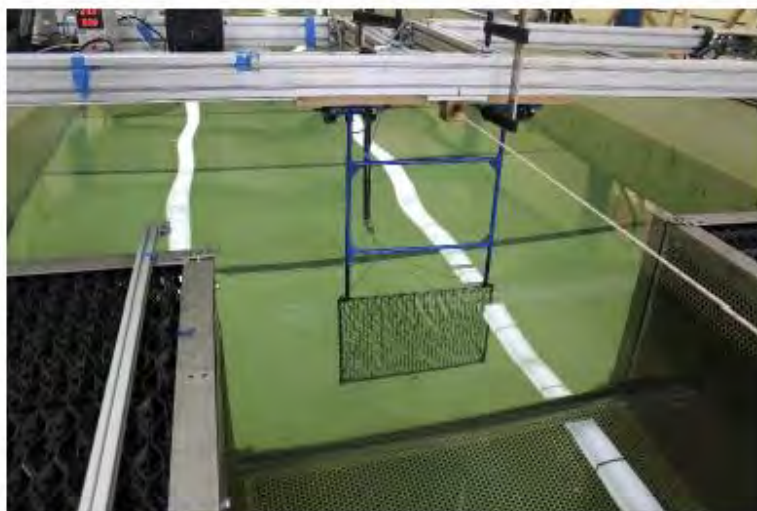
Para cada condición y red se realizó el ensayo de remolque en el rango de velocidades dado y para cada punto de velocidad se repitió el ensayo tres veces, a fin de tener certeza de los resultados obtenidos y asegurar que las condiciones pudieran ser reproducibles. Todo lo anterior entrega 15 ensayos para cada condición y un total de 150 ensayos efectivos que conformaron la matriz de ensayos que se resume en esta sección del reporte para redes limpias y redes sucias (con biofouling).

En el caso de las redes sucias con presencia de biofouling, es relevante mencionar que para cada punto se utilizó un paño de red distinto. Lo anterior debido a un posible desprendimiento de biofouling de las redes. Lo anterior implica que cada punto de los ensayos tuvo asociado una razón de solidez particular y, por tanto, un coeficiente de arrastre distinto.

6.3.3.1 Descripción de la estructura de soporte de la red ensayada

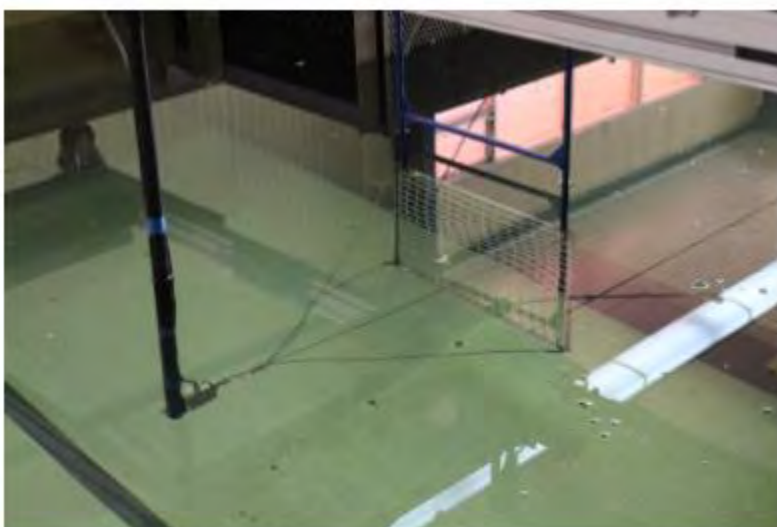
Los ensayos fueron realizados utilizando un marco el cual estaba conformado por una doble articulación a fin de aislar la carga de la estructura sumergida de las cargas inducidas por los soportes solidarios al carro. El marco, cuyas dimensiones fueron 453 mm de alto por 445 mm de ancho y un diámetro de barra de 8mm, permitió soportar y tensar la red evitando deformaciones que pudiesen alterar las mediciones (ver Figura 8). Cabe mencionar que los ensayos fueron realizados con la red perpendicular al flujo, de modo de evaluar el peor caso posible en términos de niveles de carga.

Figura 8 - Estructura de soporte de la red



Cabe mencionar que la celda de carga fue sumergida y conectada al marco mediante cables, los cuales tienen una sección tal que no sufrieron modificaciones en su longitud en el rango de carga estudiado (ver Figura 9).

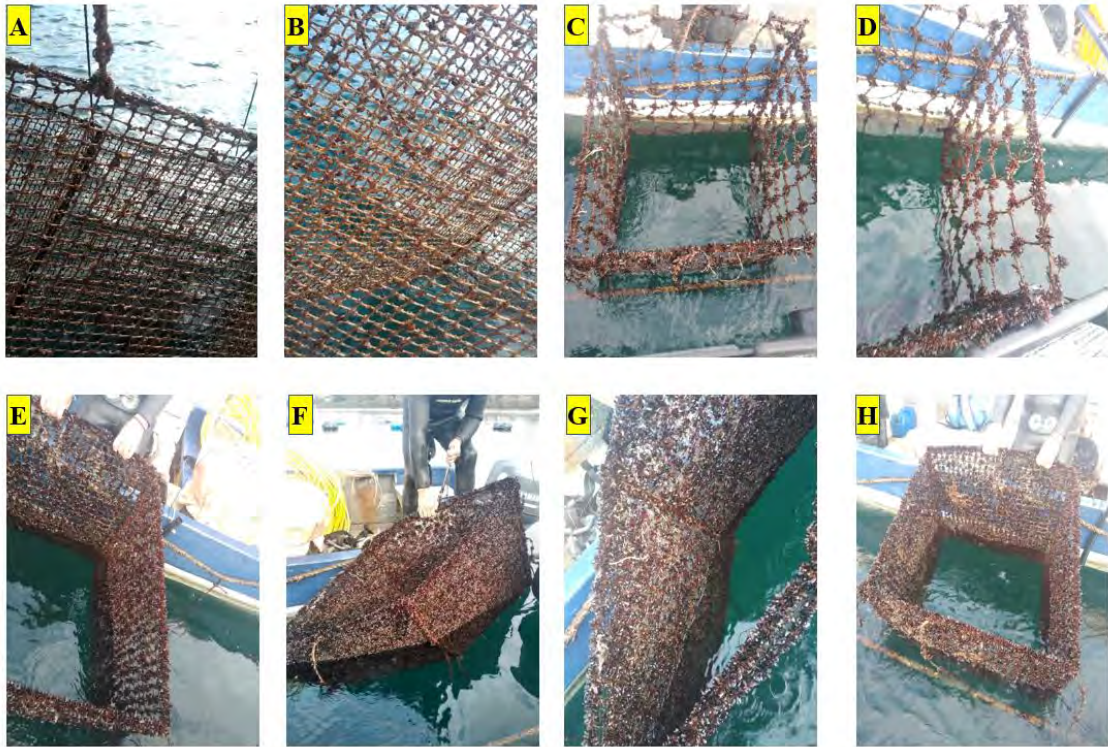
Figura 9 - Conexión celda carga - marco



6.3.4 Transporte de bastidores

Tras pasar 4 meses los bastidores en el agua (15 enero -30 mayo 2023), en el transcurso del tiempo se fue monitoreando de manera visual el crecimiento de las bioincrustaciones en los paños de red (Figura 10, Entre A y D) para verificar oportunamente posibles mantenciones del sistema flotante y planificar la extracción de los bastidores. Tras incrementar el porcentaje de coberturas de las redes con bio-incrustaciones (Figura 10, entre E y G) se planificó la fecha de salida entre el 15 y el 30 de mayo del 2023. Comenzando por las redes de recepción (mayor cobertura) y finalizando con las redes loberas, tratando de conservar el mayor porcentaje de cobertura para las redes de malla grande (2,5 y 10 “)

Figura 10 - Seguimiento de las bioincrustaciones en los bastidores. Isla Maillen. Puerto Montt, Chile



En la etapa operativa de la extracción de los bastidores (Figura 10, H), se sacaron los cubos del agua y se transportaron hasta el muelle los Torreones, ubicado en Puerto Montt. De manera complementaria, se equipó y preparó el vehículo de transporte con una parrilla de acero de 8mm (Figura 11, I), confeccionada para un Bins industrial de 1 m³ (Figura 11, J y K) con el fin de almacenar y conservar con agua salada las bio- incrustaciones de los bastidores. En el muelle Los Torreones, Puerto Montt (Figura 11, L) se recibieron los bastidores traídos de la isla Maillen y se almacenan en el Bins industrial con agua salada (Figura 11. M, N, Ñ y O).

Figura 11 – Seguimiento del transporte bastidores desde Muelle Los Torreones, Puerto Montt a Valdivia



Posteriormente de la recepción de los bastidores en el muelle los Torreones de Puerto Montt, se transportaron en el bins hasta el campus Miraflores de la Universidad Austral de Chile ubicada en la ciudad de Valdivia, siendo recibidos por el personal del Laboratorio canal de pruebas hidrodinámicos. En el ciclo inicial se realizó una maniobra de retroceso con el vehículo de transporte a la entrada del canal de pruebas (Figura 11. P) para bajar el bins industrial (1 tonelada de peso) con un teclc al lugar de almacenamiento (Figura 11, entre Q y V) para los posteriores ensayos en el canal de prueba (Figura 11, W).

Figura 12 – Almacenamiento bastidores en el canal de ensayo hidrodinámico, Universidad Austral de Chile



6.3.4.1 Registro de peso seco y peso mojado de los paños

Uno de los puntos de interés en el análisis, dice relación con el desprendimiento del biofouling durante los ensayos. Lo anterior considerando el cambio de medio, desde el agua salada en la cual se transportaron las muestras de mallas, al agua dulce en el Canal de Ensayos Hidrodinámicos. Un desprendimiento significativo alteraría las mediciones y debería ser considerado en el análisis de la razón de solidez a la hora de obtener los coeficientes de arrastre.

Para los ensayos con redes sucias, se registró el peso en seco previo al ensayo del conjunto marco/red y el peso mojado del mismo sistema. Luego de realizar el ensayo de arrastre, se registró el peso seco y mojado del sistema a fin de evaluar el nivel de desprendimiento. Lo anterior arrojó como conclusión que prácticamente no existía desprendimiento de mitílidos en el rango de velocidades estudiadas, dado que no se evidenció una variación significativa del peso posterior a los ensayos.

Adicionalmente a la información relativa al peso del conjunto, se analizaron los cambios en el área proyectada a través de la razón de solidez de las redes, previo y posterior a los ensayos, ya que, si bien podría no haber desprendimiento, una reconfiguración de los mitílidos podría inducir un cambio en el área proyectada de la red. Este análisis reafirmó lo observado mediante el registro de los pesos, la razón de solidez varía levemente, no siendo significativo el cambio, llegando a valores menores al 1%.

6.3.5 Análisis biofouling bastidores

El Laboratorio de Genética y Ecología Molecular del Instituto de Ciencias Ambientales y Evolutivas de la Universidad Austral de Chile clasificó las especies en los paños de red por taxonomía, biomasa y tiempos de colonización, determinando sus propiedades y potencial efecto en las fuerzas de arrastre respecto a las condiciones hidrodinámicas.

6.3.5.1 Identificación basada en análisis morfológico

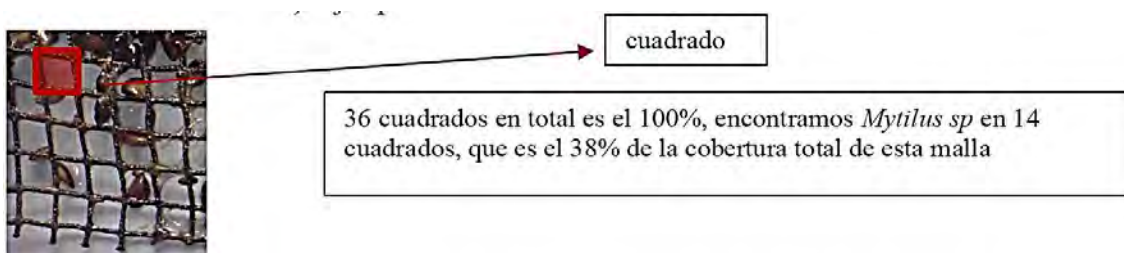
La diversidad de macro incrustantes formadores de biofouling se estimó a partir de un análisis morfológico de los individuos encontrados sobre la muestra de interés. Para ello, el profesional capacitado hizo una primera clasificación general a nivel de Phyla de los especímenes encontrados separándolos por grupos taxonómicos. Posteriormente cada individuo se examinó bajo el microscopio estereoscópico para evaluar características morfológicas que permitan hacer una clasificación taxonómica más refinada a nivel de familia o incluso, a nivel de género y especie en los casos que sea posible.

Al contar con imágenes de alta resolución de los especímenes encontrados, se seleccionaron los organismos de interés, realizando microscopía electrónica de barrido (SEM).

Para la identificación taxonómica y caracterización de los macroincrustantes asociadas a cada malla se siguió el siguiente procedimiento:

- a) Se midió el tamaño (largo x ancho en cm) de cada muestra de malla para determinar su área total.
- b) Se calculó la cobertura total, que representa el porcentaje del área ocupada por las especies presentes sobre el área específica de cada muestra de malla. Este valor se expresó como un porcentaje de la superficie total estudiada.

Para calcular el porcentaje de cobertura de las especies, se realizó un conteo de todos los cuadrados correspondiente a cada muestra y se registraron las especies presentes en cada cuadrado. Posteriormente, se calculó el porcentaje de área cubierto por cada especie (número de cuadrados donde estaba presente) en relación con el área evaluada (total de los cuadrados de la malla). Ejemplo:



- c) Se procedió al tamizado de cada una de las muestras, reteniendo todos los organismos con un tamaño superior a 0,5 mm.
- d) Los organismos encontrados fueron minuciosamente examinados bajo la lupa estereoscópica. Posteriormente, las especies fueron separadas por morfotipos para su posterior identificación y conteo de los individuos de los diferentes taxones.
- e) Se llevó a cabo la caracterización del ensamblaje de especies existentes a cada tipo de malla, para lo cual se calcularon los siguientes parámetros:

- ✓ Abundancia: se determinó el número de individuos de cada especie para cada muestra de malla.
- ✓ Riqueza específica: se contabilizó el número total de especies presentes en cada malla.
- ✓ Densidad: se calculó el número de individuos por área (cm²) en cada malla.

A pesar de que se clasificará las especies de los bastidores, este análisis consideró los efectos de la bioincrustación como una rugosidad de la superficie; sin embargo, algunos investigadores demostraron que, a pesar de la rugosidad de la superficie, otros componentes de incrustaciones marinas tales como la tasa de cobertura de la superficie, las especies de bioincrustaciones y la agregación, pueden influir significativamente en los coeficientes de fuerza hidrodinámica (Schoefs et al. 2022), particularmente a números de Reynolds más altos (Re). Los artículos científicos muestran que la incertidumbre sobre el biofouling en sí es significativa y afecta la evaluación de la fiabilidad. Ese es particularmente el caso cuando se evalúa la rugosidad a partir de inspecciones in situ (Byrne et al., 2018 – Byrne et al., 2020). En vista de lo anterior, es necesario considerar también que el coeficiente de arrastre depende del número de Reynolds, relación de solidez, material de la red, relación de suspensión, patrón estructural, rugosidad de superficie, arreglos de hebras, ángulos de ataque del flujo, configuración y deformación de la red (Tsukrov et al., 2011, Cha et al., 2013, Gansel et al., 2018). Por lo tanto, como consecuencia, la selección de la especie relevante para el biofouling es primordial y necesaria para determinar y cuantificar los coeficientes de arrastre que afectan en la fuerza de arrastre, considerando que estos valores probablemente serán implementados en las futuras normativas de los diseños de los sistemas de cultivo para la acuicultura en Chile.

Considerando lo anterior, la determinación de la especie y abundancia del biofouling es relevante para efectos del coeficiente de arrastre. Debido a que es un parámetro clave para la ingeniería, ya que, el confinamiento y la producción depende sustancialmente de este componente. Considerando que las condiciones ambientales, el ataque de depredadores y el fouling pueden ocasionar que los valores de diseño sean excedidos. Durante décadas se han realizado investigaciones para determinar de manera empírica el comportamiento hidrodinámico en redes, en consecuencia, se realizó una prueba experimental en un canal de pruebas para determinar los coeficientes de arrastre de las redes tradicionalmente utilizadas en la industria chilena, tales como son las redes flexibles (Poliámida, poliéster y polietileno).

6.3.6 Estimación de coeficientes de arrastre – formulaciones empíricas

Para la determinación de carga hidrodinámica en un centro de cultivo la formulación de Morison es ampliamente usada, dado que los elementos componentes de las redes se consideran esbeltos en relación con la longitud de olas presentes en zonas de operación. En dicha formulación la carga es determinada en base a una componente que representa la carga de arrastre y otra componente de inercia. En el caso de las redes, la carga debido al arrastre es dominante siendo los principales parámetros para la determinación de la carga el área normal expuesta al flujo y el coeficiente de arrastre de la red.

$$F_w(t) = \frac{1}{2} \rho C_d dl [v(t) - u(t)] |v(t) - u(t)| + \rho C_M \frac{\pi}{4} d^2 l \dot{v}(t) - \rho (C_M - 1) \frac{\pi}{4} d^2 l \dot{u}(t)$$

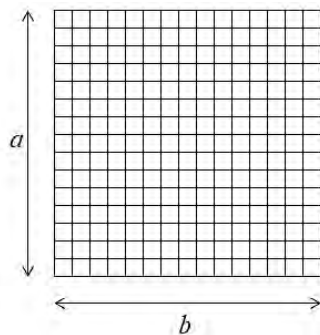
En la expresión anterior, que representa la forma general de la ecuación de Morison, $F_w(t)$ es la fuerza ejercida por el fluido, ρ es la densidad del fluido, d es el diámetro efectivo del elemento de red, l es la longitud del elemento de red, C_M y C_d son los coeficientes de inercia y arrastre respectivamente, $u(t)$ y $v(t)$ son las velocidades del elemento y del flujo mientras que $\dot{u}(t)$ y $\dot{v}(t)$ son las aceleraciones del elemento y del fluido. En esta formulación, $v(t)$ y $\dot{v}(t)$ considera el efecto de interacción fluido estructura.

La expresión anterior es utilizada mayormente en softwares capaz de predecir la respuesta hidrodinámica de redes, sin embargo, en el caso de un análisis cuasi-estático, sólo la parte correspondiente a la carga de arrastre es utilizada. Adicionalmente, en ese tipo de análisis, se considera la red siempre en posición perpendicular al flujo y estática por lo que la expresión se reduce a:

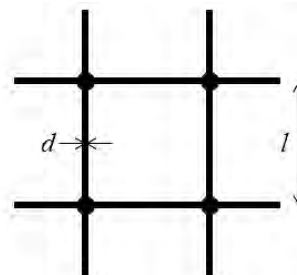
$$F_D = \frac{1}{2} \rho C_d A [v] |v|$$

En la formulación anterior el área A corresponde al área proyectada de los elementos de red (dl) en el panel sobre el cual se calcula la carga por arrastre, siendo l el largo total del hilo en el paño de red a calcular y d el diámetro del hilo.

Figura 13 - Elementos de una red de cultivo



(1.1)



(1.2)

Determinar el área completa de un panel resulta sencillo al conocer las dimensiones de la jaula a instalar. Por el contrario, determinar el área de los componentes de la red resulta un trabajo complejo, por lo que se define la razón de solidez S_n que es la razón entre el área proyectada de los componentes de la red y el área del paño de red al cual corresponden.

$$S_n = \frac{A_{proyectada}}{A_{total}} = \frac{l_{total}d}{A_{total}}$$

En la expresión anterior el Área total se define como el producto ab de las dimensiones del paño de red sobre el cual se quiere determinar la carga de arrastre, como se define en la figura anterior. Esta razón de solidez es una característica de las redes y es generalmente entregada por el fabricante, ya que varía dependiendo de la geometría de la red debido a la presencia de nudos en el caso de redes plásticas o cruces de filamentos como es el caso de redes metálicas.

Los valores de coeficiente de arrastre a usar en la formulación de Morison deben ser determinados para cada tipo de red a distintas velocidades de flujo. Al no existir información empírica para todas las redes utilizadas en nuestro país, se opta por usar los valores obtenidos en el estado del arte, por ejemplo, en la Universidad de Nuevo Hampshire, Estados Unidos en el estudio presentado el año 2011 titulado *Characterization of geometry and normal drag coefficients of copper nets*. En dicho estudio se incluyen dos redes de nylon con valores de solidez de 17 y 20% lo que corresponde a redes peceras típicas usadas en centros de cultivo. Los valores para el coeficiente de arrastre en dicho estudio varían entre 1.3 y 1.5 por lo que se recomienda usar un valor de C_d de 1.4 para redes limpias. Para otros tipos de redes usando diferentes materiales es necesario realizar pruebas de laboratorio que puedan caracterizar los valores de arrastre en un rango amplio de velocidades de corriente y geometrías de redes. Los valores previamente declarados para coeficiente de arrastre son aplicables a redes de nylon considerando que cerca del 90% de las redes usadas actualmente en la industria son de este tipo. Para otras redes los valores son incluso menores por lo que al usar los valores dados como mínimos éstos adicionan un factor de seguridad en los cálculos.

Es por esto, que durante décadas se han realizado investigaciones para determinar de manera empírica el comportamiento hidrodinámico en redes. La estimación de fuerzas que actúan en la red no incluye la fuerza de levante, si no, solamente la fuerza de arrastre.

La fuerza de arrastre según Morison et al., 1950:

$$F_d = \frac{1}{2} \rho_w C_d A_p v |v|$$

Donde ρ_w es la densidad del agua de mar, C_d es el coeficiente de arrastre, A_p es el área proyectada del panel de red y V es la velocidad de corriente.

6.3.6.1 Análisis empírico de coeficientes de arrastre

De manera complementaria a las pruebas experimentales, se realizará un análisis empírico de los coeficientes de arrastre para los diferentes tipos de redes, utilizando las ecuaciones de Milne, Tsukrov, Zhang y Balash.

Milne en 1972 propuso la siguiente ecuación para determinar el coeficiente de arrastre:

$$C_D = 1.0 + 2.73 \left(\frac{d}{L}\right) + 3.12 \left(\frac{d}{L}\right)^2$$

Donde d es el diámetro del hilo y L es el largo de barra.

Tsukrov et al., 2003 propuso una modificación de la ecuación de Morison (Morison et al., 1950). En esta ecuación se considera la longitud de la hebra de red, bajo los supuestos de corriente constante y sin ondas. Esta fuerza es:

$$\frac{F_d}{L_t} = \frac{1}{2} d \rho_w C_d v^2$$

Donde C_d es determinado por el número de Reynolds:

$$C_d = \begin{cases} \frac{8\pi}{Re_n S} (1 - 0,87s^{-2}) & (0 < Re_n < 1) \\ 1,45 + 8,55 Re_n^{-0.9} & (1 < Re_n < 30) \\ 1.1 + 4Re_n^{-0.5} & (30 < Re_n < 2.33 \times 10^5) \\ -3.41 \times 10^6 (Re_n - 5.78 \times 10^5) & (2.33 \times 10^5 < Re_n < 4,92) \\ 0.401 \left(1 - e^{-\frac{Re}{5.99 \times 10^5}} \right) & (4,92 \times 10^5 < Re_n < 10^7) \end{cases}$$

$$S = -0.077215655 + \ln\left(\frac{8}{Re_n}\right)$$

Donde $Re_n = \rho_w dV/u$, siendo u viscosidad dinámica.

Por otra parte, Zhan et al., 2006 propuso:

$$C_d = 1.0 + \frac{C_1}{V} + C_2 S + C_3 S^2$$

Para la malla de diamantes, los coeficientes son: $C_1 = 0,137$, $C_2 = 1,002$ y $C_3 = 2,230$

Balash et al., 2009 desarrollo un modelo analítico basado en resultados experimentales. La fórmula analítica utiliza los coeficientes para cilindros circulares propuesto por White en 1974.

$$C_d = \frac{C_d^{cyl}}{(1 - S)^2}$$

Donde, $C_d^{cyl} = 1 + 10Re_n^{-2/3}$ para $Re < 5 \times 10^5$

Obteniendo una tabla comparativa de coeficientes de arrastre para cada formulación analizada en los tipos de redes evaluados (T1 a T5):

Tabla 4 - Coeficientes de arrastre empíricos

Coeficientes de arrastre				
Red	Milne, 1972	Tsukrov et al., 2003	Zhan et al., 2006	Balash et al., 2009
T1				
T2				
T3				
T4				
T5				

6.3.7 Estimación coeficientes de arrastre – modelos numéricos

Posterior, al análisis experimental en el canal de pruebas de la Universidad Austral de Chile (UACH) se realizaron simulaciones numéricas para comparar, verificar, y discutir los resultados experimentales obtenidos del coeficiente de arrastre para cada red. Debido a que la relación entre solidez y fuerza de arrastre está bien descrita por funciones exponenciales tanto para redes limpias como para redes sucias. Por lo tanto, según Gansel et al., 2015, propone un método para parametrizar el efecto del ensuciamiento en términos de aumento de la solidez neta. Esto permite que los métodos numéricos existentes desarrollados, se utilicen para modelar los efectos de la bioincrustación en las redes con redes limpias, permitiendo homologar la solidez de una red sucia con la solidez de una red limpia. En consecuencia, el fin es utilizar la herramienta ANSYS CFD, un modelo numérico sofisticado que utiliza las ecuaciones promediadas de Reynolds - Navier Stokes (RANS). El modelo digital fue una réplica del canal de prueba hidrodinámico de la Universidad Austral de Chile (Uach).

6.3.7.1 Ecuaciones de gobierno

La fuerza de arrastre que se genera en cada red es calculada con el modelo de turbulencia *Scale Adaptive Simulation* (SAS). Este modelo permite la resolución de flujos inestables para cilindros, utilizando la ecuación de transporte desarrollada por Rotta en 1968 y 1972, donde la energía cinética turbulenta (k) es multiplicada por la escala de longitud (L) (ANSYS, 2018).

La ecuación de transporte es:

$$\frac{\partial \rho \omega}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_i} (\rho u_i \omega) = \alpha \frac{\omega}{k} G_k - \rho \beta \omega^2 + Q_{SAS} + \frac{\partial}{\partial x_i} \left[\left(\mu + \frac{\mu_t}{\sigma_\omega} \right) \frac{\partial \omega}{\partial x_j} \right] + (1 - F_1) \frac{2\rho}{\sigma_{\omega 2}} \frac{1}{\omega} \frac{\partial k}{\partial x_j} \frac{\partial \omega}{\partial x_j}$$

Donde k es la energía cinética turbulenta, ω la frecuencia de turbulencia, μ la viscosidad turbulenta del agua, Q_{SAS} un término fuente adicional y F_1 es una función de mezcla turbulenta.

Cabe destacar que la fuerza de corriente que interactúa con la red es calculada como:

$$F_a = \vec{a} \vec{F}_p + \vec{a} \vec{F}_v$$

Donde a es el vector de fuerza específica, F_p es el vector fuerza por presión y F_v es el vector fuerza por viscosidad, además, si consideramos que la viscosidad turbulenta está determinada por:

$$\mu = \rho C_u \frac{k^2}{\varepsilon}$$

Donde C_u es 0,09, ε disipación turbulenta y ρ la densidad del agua, el cálculo de la fuerza de arrastre dependerá de la energía y disipación turbulenta, a su vez, se obtiene el tipo de flujo, a través del número de Reynolds:

$$Re = \frac{\rho k^2}{\mu \varepsilon}$$

No obstante, la fórmula empírica:

$$Re_n = \frac{\rho_w d V}{\mu}$$

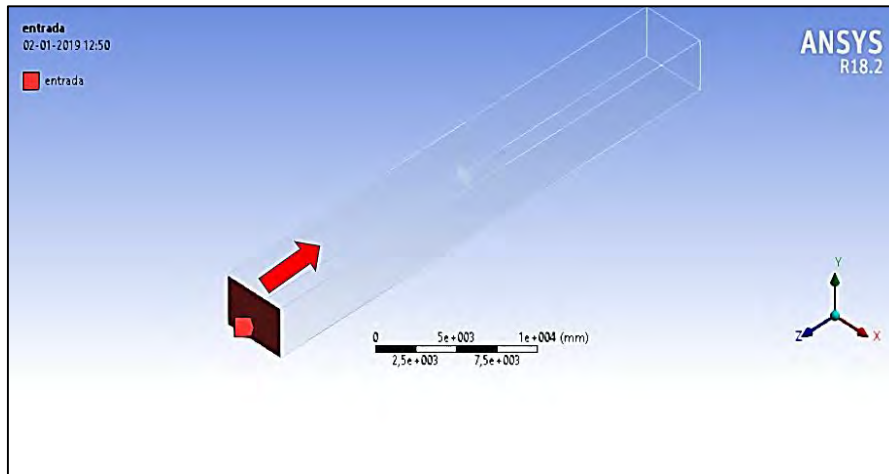
Solo considera diámetro del cilindro (d), viscosidad dinámica constante (μ) y velocidad de flujo constante (V), por lo tanto, el cálculo de la fuerza de arrastre y del número de Reynolds a través de ANSYS es riguroso.

6.3.7.2 Análisis numérico

ANSYS Fluent utiliza como fundamento matemático el método de volumen finito (FVM), debido a que el enmallado numérico se adapta a geometrías complejas, tal como lo es la red.

La malla numérica define una colección de puntos discretos (nodos) que se distribuyen en el dominio de estudio con el fin de resolver un grupo de ecuaciones diferenciales parciales (Xamán y Gijón, 2015). Particularmente en este estudio, el canal de prueba fue definido como volumen de control y las condiciones hidrodinámicas iniciales (Figura 14) que varían entre 0,30 y 1,5 [m/s]

Figura 14 – Referencia Flujo de entrada en canal de prueba, Mesh ANSYS

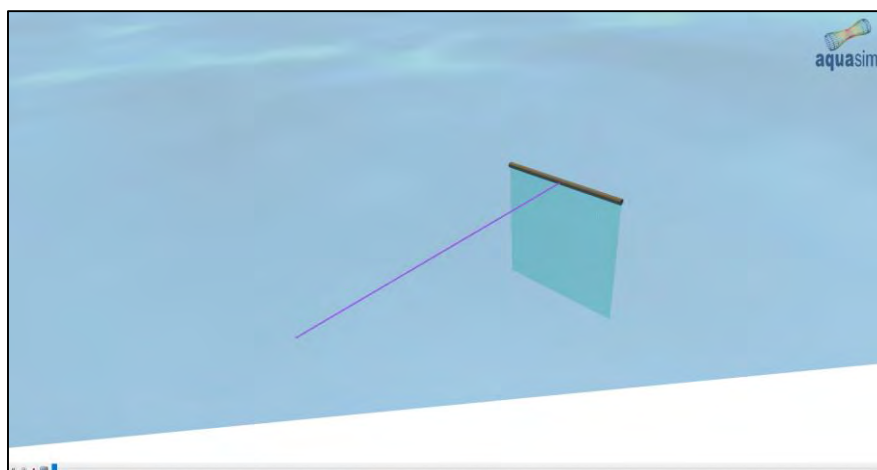


En el canal de prueba se fijó la red en los bordes y la corriente interactuó con ella a diferentes velocidades, determinando un coeficiente de arrastre para cada velocidad y para cada tipo de red (T1, T2, T3, T4 y T5), siendo que la solución numérica sea consistente, (la aproximación en los cálculos debe ser arbitrariamente cercana a las derivadas), estable (los errores no son amplificados) y convergente (solución numérica tiende a valores fijos) para que el error numérico sea pequeño. Posteriormente de obtener los resultados a través de la metodología mencionada anteriormente, se comparó y discutió respecto a los coeficientes de arrastre empíricos y experimentales.

Por otra parte, se utilizó el software de simulación AquaSim, el cual consiste en una herramienta numérica desarrollada por Aquastructures, basada en el método de elementos finitos (MEF), el cual realiza un análisis global de las fuerzas de transmisión entre los componentes rígidos y flexibles, junto con calcular las fuerzas locales y tensiones en cada componente (Berstad et al., 2004). Actualmente, AquaSim es una herramienta ampliamente utilizada en las memorias de cálculo de fondeo, ingeniería de fondeo y balsas jaulas en la industria del salmón, Por lo que su comparación con el canal de prueba nos dio una aproximación al grado de validación de la herramienta.

Particularmente en este estudio, se simuló un vástago con las mismas características del vástago evaluado en el canal de prueba, sometido a una corriente con las mismas evaluadas en el canal de prueba, de manera de obtener la fuerza de arrastre total y en función a la ecuación de morison (1950), obtener el valor de coeficiente de arrastre de cada muestra de paño de red evaluado en el canal de prueba con y sin fouling (Figura 15).

Figura 15 - Ejemplo de simulación de un paño de red en AquaSim.



6.3.8 Discusión de resultados

Finalmente, para cumplir con el objetivo específico 2 se compararon y discutieron los resultados obtenidos en las pruebas experimentales y numéricas, con el fin de proponer coeficientes de arrastres de cada red analizada en el presente proyecto. Estas pruebas poseen ventajas y desventajas que dependen de las condiciones en que se utilicen y de la naturaleza del problema de estudio. Por lo tanto, se postula que ambos métodos deben ser complementarios, y, el éxito en la solución del problema depende muchas veces de su uso balanceado (Xamán y Gijón, 2015).

6.4 Identificar los elementos técnicos a considerar para la extensión de vida útil de las redes.

En el presente objetivo específico 3, para cumplir con la planificación de actividades se realizaron entrevistas semiestructuradas a los principales actores involucrados en el ciclo de vida de las redes de cultivo, tales como fabricantes, talleres de redes y a salmoneras. Dichas entrevistas fueron realizadas tanto en la ciudad de Puerto Montt como en Chiloé entre el 13 y 16 de diciembre el año 2022.

La entrevista fue generada a partir de preguntas semiestructuradas que permitieron mantener una conversación fluida con el entrevistado y obtener información que pueda ser más profunda o amplia de lo que se puede establecer en el marco de un set de preguntas estructuradas. De acuerdo con lo anterior, y dada la naturaleza de la información que se requiere obtener, se generaron preguntas que permitieran al equipo de trabajo conocer las actividades que realizan los entrevistados y su rol en el ciclo de vida de una red de cultivo. En este contexto, se generaron preguntas que no siempre podrían ser respondidas por todos los entrevistados, ya que involucran actividades que no necesariamente son propias de su trabajo diario, por ejemplo, las empresas fabricantes de redes no siempre realizan mantención de jaulas o redes peceras y por lo tanto no respondieron respecto a las etapas por las cuales pasa una red de cultivo. Aspectos como el mencionado debía conocerse en el marco de las entrevistas y a su vez obtener de la manera más precisa posible la información que se requería.

Por otra parte, varias de las empresas entrevistadas sugirieron no dar a conocer con total precisión las respuestas de cada uno de ellos o más bien que sus respuestas fueran anónimas dado los intereses comerciales que mantienen en la industria. En consecuencia, se presenta un resumen de las respuestas obtenidas a cada pregunta realizada sin identificar con total precisión que empresa

respondió cada pregunta y posteriormente se presenta un análisis general de la información levantada en las entrevistas.

Cabe destacar que en el Anexo 1 se presenta el guión de las entrevistas realizadas, en Anexo 2 las fotografías que respaldan la ejecución de dichas entrevistas y en Anexo 3 los datos de las personas entrevistadas.

Considerando lo anterior, se determinaron las redes que ya han sido utilizadas por algún periodo de tiempo en al menos un ciclo de cultivo, permitiendo establecer a través de los productores de redes, talleres de redes y salmoneros (usuarios del activo) cuales son las redes más usadas en la industria, que pruebas de laboratorio y condiciones les realizan a las redes para extender su vida útil y como difiere respecto a redes nuevas. Dado que existen redes que son lavadas in situ, pintadas con antifouling, que reciben shock térmico, en ocasiones, u otros manejos y usos que comprometen la resistencia a la tracción de la red en el tiempo.

Adicionalmente se realizó un análisis de las entrevistas realizadas, obteniendo información que contextualiza la participación de cada uno de los actores dentro de la cadena productiva de la producción y manejo de redes y el rol que cumple cada uno de estos actores entrevistados en el ciclo de vida de las redes peceras y loberas. Además, se describe las características de las principales redes utilizadas en la industria salmonera y el manejo asociado a las diferentes etapas de cultivo.

6.5 Determinar los elementos técnicos para la verificación y certificación de las redes, y entregar una propuesta de los protocolos para dichas verificaciones y/o certificaciones.

Para dar cumplimiento al objetivo específico 4, se definieron los factores técnicos que se deberán considerar para la realización de la verificación y certificación para las redes de cultivo de acuerdo con los diferentes tipos considerados en el objetivo específico 3. Esto se estableció en función a la revisión de normativas existentes relacionadas con las pruebas de resistencia como las ISO 1806- 2002, 1107-2003, 1805, 1140, 1141, entre otras. Además de la experiencia, trabajos anteriormente desarrollados por el equipo de trabajo respecto a las pruebas de resistencia en redes y entrevistas realizadas, en el marco del proyecto, a los proveedores y usuarios de redes. Esto último en función a los tipos de redes, redes flexibles, semi rígidas y rígidas. Por otra parte, se establecieron los protocolos para realizar la verificación y certificación para los diferentes tipos de materiales utilizados en redes destinadas a la contención o confinamiento de peces y redes loberas en el ejercicio de la acuicultura. Estos protocolos se generaron a partir de las normativas existentes, encuestas a proveedores de paños de redes y jaulas o redes de cultivo, para luego estandarizar los procesos que permitan verificar y certificar los diferentes tipos de materiales utilizados en las redes de contención o confinamiento de peces y redes loberas. Además, el proceso de certificación incluye aspectos relacionados con el armado de jaulas o redes de cultivo y redes loberas las cuales deberán incluir especificaciones técnicas mínimas como: especificación de cada componente utilizados ya sea cabos, paños de red (material, tamaño de malla, título, diámetro de hebras metálicas, resistencia a la ruptura), fábrica de manufactura, tipo de construcción (raschel, trenzado, torcido, con o sin nudo, sentido de las hebras metálicas, densidad del material de las redes), hilos de costuras, elementos de conexión con sus propiedades mecánicas, peso total de la jaula (red de cultivo), entre otras. Al mismo tiempo, para el proceso de certificación se propusieron las bases para establecer los requisitos técnicos de operación, mantención y de peligro de daño. Esto permitirá que el proveedor de jaulas o redes de cultivo determine el correcto uso, protocolos de

mantención y probabilidad de daño del sistema, de manera que se asegure, bajo los protocolos establecidos por el fabricante, un desempeño exitoso de la red de cultivo durante el proceso productivo.

6.6 Proponer los requisitos que deben cumplir los laboratorios o talleres especializados en redes, para cumplir con una normativa de certificación de redes.

Se propusieron las características que deben cumplir los proveedores de jaulas o redes de cultivo y redes loberas para ser acreditados. Cabe destacar que existe una gran cantidad de proveedores de jaulas o redes de cultivo que no elaboran los paños de red utilizados como materia prima para la confección de las jaulas. Por lo tanto, se definieron, a partir de las entrevistas realizadas a los laboratorios y/o talleres especialistas en redes, fabricante de paños de red, fabricantes de jaulas o redes de cultivo y la experiencia del equipo de trabajo, las exigencias que deberán cumplir los distintos actores involucrados en la confección de una jaula o red de cultivo y lobera, de manera que el producto final contenga un sistema de trazabilidad que permita identificar por ejemplo: al fabricante (materia prima o hilaza básica) de hilo u hebras, empresa tejedora de red, responsable de elaboración de pruebas de resistencia mecánica, fabricante de la jaula o red de cultivo o lobera, responsable del lavado o tratamiento de la red después de cada uso en el mar, responsable de pruebas de resistencia mecánica para extender la vida útil, las respectivas fechas de cada intervención, entre otros. Además, se especificaron los requerimientos del personal técnico involucrado en cada proceso, las especificaciones mínimas de los equipos utilizados para las pruebas de resistencia de redes y certificación de estos equipos, entre otros que puedan emanar del equipo de trabajo, experiencias internacionales o de las entrevistas realizadas.

Por último, se incluyeron en los resultados, conclusiones y recomendaciones generadas en las entrevistas y posteriormente se incluirán recomendaciones del taller de difusión.

7 PLAN DE ACTIVIDADES

ACTIVIDAD	RESULTADOS ESPERADOS	MES 1		MES 2		MES 3		MES 4		MES 5		MES 6		MES 7		MES 8		MES 9		MES 10		MES 11		MES 12		MES 13		MES 14		MES 15		MES 16									
		S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4				
ACTIVIDADES GENERALES																																									
1.1 Reuniones internas del equipo de trabajo PUCV	Desarrollo de reuniones (actas) y taller de difusión	X			X				X		X				X				X									X		X		X									
1.2 Reunión de coordinación con contraparte técnica FIPA y SUBPESCA		X														X		X	X		X									X	X	X		X		X					
1.3 Entrevistas a talleres de redes, laboratorios, proveedores de redes peceras y loberas		X	X	X	X	X	X																																		
1.4 Taller de difusión																							X																		
O.E.1: Identificar los elementos técnicos para realizar las pruebas de resistencia de redes en base a normativas existentes (por ejemplo, ISO 1806-2002, 1107-2003, etc.) u otros.																																									
Revisión bibliográfica de pruebas de resistencia de redes en normativas, estudios científicos, experiencias académicas e industria		Información actualizada de elementos técnicos utilizados para realizar las pruebas de resistencia de redes, en función de las redes utilizadas en Chile																																							
2.1		X	X	X	X																																				
O.E.2: Estimar el coeficiente de arrastre para una red de cultivo de																																									
Determinar características técnicas de redes loberas y peceras a estudiar (material, tamaños de malla, títulos o diámetros, entre otros)																																									
3.1								X	X																																
Revisión bibliográfica y/o encuestas de la composición del fouling zona sur austral																																									
3.2		X	X	X	X																																				
Obtención y transporte de paños de redes peceras y loberas con y sin fouling mediante bastidores																																									
Determinar los porcentajes de cobertura de los paños de red obtenidos y presencia de composición del fouling		Informe con estimación de los coeficientes de arrastre calculado por aumento de carga de arrastre para un fouling típico del área del sur austral de Chile, considerando las regiones de Los Lagos, Aysén y Magallanes.																																							
3.4															X	X	X	X																							
Evaluación experimental de paños de redes loberas y peceras en canal de prueba INH																																									
3.5															X	X	X	X																							
Estimación de Coef arrastre para redes evaluadas en canal de prueba																																									
3.6									X	X	X	X	X	X	X	X	X	X																							
Estimación de Coef arrastre mediante ecuaciones empíricas																																									
3.7								X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X																							
Estimación de Coef arrastre para redes evaluadas modelos numéricos																																									
3.8															X	X	X	X	X	X																					
Comparación resultados obtenidos por los tres medios de obtención de coeficiente de arrastre																																									
O.E.3: Identificar los elementos técnicos a considerar para la extensión de vida útil de las redes.																																									
Elaboración y realización de un encuesta para proveedores y usuarios de redes peceras y loberas		Definición de los elementos técnicos que permitan evaluar la capacidad mecánica en el ciclo de vida para la extensión de vida útil de las redes, con el fin que estas sigan cumpliendo con los estándares establecidos para la prevención de escape de peces.																																							
4.2		X	X	X	X	X	X																																		
(información técnica de paños de redes y infraestructura de medición de propiedades mecánicas)																																									
4.3		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X																							
Análisis de encuesta y entrevistas realizada para proveedores y usuarios de redes peceras y loberas																																									
4.4		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X																							
Elaboración de una propuesta de elementos técnicos para extender vida útil																																									
O.E.4: Determinar los elementos técnicos para la verificación y certificación de las redes, y entregar una propuesta de los protocolos para dichas verificaciones y/o certificaciones.																																									
Definición de los elementos técnicos para la realización de la verificación y certificación de las redes.																																									
Definición de los protocolos para realizar la verificación y certificación para los diferentes tipos de materiales utilizados en redes.		X																																							
Propuesta de requisitos técnicos de operación y mantenimiento de redes.		X																																							
5.1																																									
Elaboración de un sistema de trazabilidad conceptual de redes de cultivo y loberas																																									
5.2																X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Identificación de las condiciones mínimas de operación o uso de las redes peceras y loberas																																									
5.3																	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Definición los elementos técnicos para verificar y certificar las redes de cultivo y loberas																																									
5.4																		X	X																						
Elaboración de un protocolo de verificación y certificación de redes de cultivo y loberas																																									
O.E.5.: Proponer los requisitos que deben cumplir los laboratorios o talleres especializados en redes																																									
Identificación de requisitos que deben cumplir los laboratorios o talleres especializados en redes, para cumplir con una normativa de certificación de redes.																																									
6.1																				X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
Elaboración de un listado de equipos necesarios para ejecutar las pruebas de resistencia de redes																																									
6.2																				X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
Elaboración de una propuesta de competencias técnicas del personal a cargo de las labores de certificación y verificación																																									
6.3																				X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
Elaboración de un compendio de resultados, conclusiones y recomendación del taller de difusión																																									
ELABORACIÓN Y ENTREGA DE INFORMES																																									
a) Elaboración Primer Informe Avance		x																																							
Informe Avance 1																																									
b) Entrega Primer Informe de Avance																																									
Informe Avance 2																																									
c) Elaboración Segundo Informe Avance																																									
Pre-Informe final																																									
d) Entrega Segundo Informe de Avance																																									
Pre-Informe final																																									
e) Elaboración pre- informe final																																									
Informe Final																																									
f) Entrega pre- informe final																																									
Informe Final																																									
g) Elaboración Informe Final																																									
Informe Final																																									
h) Entrega Informe Final																																									

X: una semana

8 RESULTADOS POR OBJETIVOS

En el presente capítulo se describen los resultados de los objetivos específicos 1, 2, 3, 4 y 5, sujeto a la entrega del pre- informe final del proyecto a la contraparte técnica (Subpesca), tal como indica la planificación de actividades, caracterizadas en Carta Gantt del capítulo 6.

8.1 Resultados OE1: Identificar los elementos técnicos para realizar las pruebas de resistencia de redes en base a normativas existentes (por ejemplo, ISO 1806-2002, 1107-2003, etc.) u otros.

Para el cumplimiento del presente objetivo se identificaron los elementos técnicos relevantes para las pruebas de resistencia de redes para la acuicultura en normativas frecuentemente utilizadas por el sector. Estas normas se centran en la resistencia a la tracción de las redes a través de máquinas universales, procedimientos caracterizados en las normas ISO 1806-2002, ISO 1107-2003, DIN53844 y JIS L 1043 que sirven para evaluar el comportamiento de los materiales sometidos a esfuerzo uniaxial de tracción.

8.1.1 Antecedentes

En acuicultura, a medida que aumentan los niveles de operaciones, los productores de peces son más conscientes de las interacciones ambientales que pueden resultar de sus actividades. Mantener la integridad estructural de los componentes de los centros de cultivo por razones ambientales y económicas es de vital importancia. Comprender el material, la construcción y las características de resistencia de las redes de acuicultura es importante para evitar escapes. Se han utilizado varios tipos de redes de acuicultura durante varias décadas, evolucionando desde la industria pesquera. En Klust (1982) se puede encontrar una revisión técnica de muchos tipos de redes. Muchos productores de acuicultura marina han utilizado construcciones de redes sin nudos con un tejido tipo Raschel (von Brandt, 1964, Damiani, 1964, Mugaas, 1964). Recientemente, se ha adoptado un enfoque científico para analizar y comprender las características estructurales de estos importantes componentes de las jaulas para peces. En Noruega, por ejemplo, la introducción del estándar noruego NS 9415 (Standards Norway, 2003) resultó en requisitos legales para el análisis de resistencia de los centros de cultivos. Hasta entonces, todas las jaulas de red se habían dimensionado utilizando estándares comerciales basados en datos empíricos. Estos datos empíricos se incluyeron en NS 9415, pero no cubren todos los diseños de redes. Existe una tendencia dentro de la industria acuícola noruega de utilizar jaulas de red más grandes y lugares con mayor exposición a las olas y corrientes (Sunde et al., 2003). La industria no tiene experiencia previa con estos tamaños de redes y condiciones ambientales, y el nuevo estándar requiere un análisis de resistencia para validar el dimensionamiento de jaulas de redes grandes y jaulas de redes sujetas a grandes cargas ambientales. Tradicionalmente, la propiedad material de mayor interés para la industria de la acuicultura ha sido la resistencia a la rotura por tracción de las redes (mallas) y los cabos; comparativamente, se ha prestado poca atención a sus propiedades detalladas de rigidez y comportamiento general antes de la fractura (Klust, 1982, Sala et al., 2004). Existen métodos establecidos para determinar la carga de rotura y el alargamiento de los materiales de malla anudados (hilos torcidos anudados), y los hilos de malla y los nudos se prueban por separado (ISO 1806, 2002) aplicable para redes sin nudos, debido a la estructura integrada de hilo y nudo (Klust, 1982). La relación tensión-deformación resultante de las pruebas de resistencia de la malla no representa el comportamiento de tracción de los materiales de las redes con cargas que actúan a lo largo de los cabos. Por lo tanto, se necesita un nuevo método de prueba para determinar las propiedades de tracción de las redes sin nudos. Como consecuencia, existe poca información sobre

las propiedades de tensión-deformación de las redes sin nudos. Se puede encontrar alguna información sobre las propiedades mecánicas para dimensiones específicas de las redes sin nudos en Slaattelid (1993) y Sala et al. (2004). Por otra parte, con frecuencia solo los materiales de malla nuevos y sin usar se prueban en condiciones de prueba estándar. Aunque tal información es esencial para la evaluación y selección de materiales de malla, no es suficiente para un juicio concluyente del desempeño de la malla en condiciones reales de trabajo. Las propiedades importantes, como la resistencia a la rotura y el alargamiento, pueden cambiar considerablemente en función de la tensión de carga, el tipo de uso y la duración del uso. Es por esto, que continuación, se describen los elementos principales que son solicitados en las normativas vigentes con el fin de contextualizar los procedimientos que hoy en día la industria y la academia se rigen para verificar la calidad y vida útil, de las redes de cultivo. La normativa ISO 1140 "*Fibre ropes - Polyamide — 3-, 4-, 8- and 12-strand ropes*" por ejemplo, destaca que los cabos húmedos tienen una resistencia menor que los cabos secos. Una fuerza determinada por los métodos de prueba especificados en ISO 2307 no es necesariamente una indicación de la fuerza que ese cabo podría romperse en otras circunstancias y situaciones. El tipo y calidad de la terminación, tasa de aplicación de la fuerza, condicionamiento y fuerza previas a las aplicaciones del cabo pueden influir significativamente en la resistencia a la rotura. Un cabo doblado alrededor de algún elemento podría romperse con una fuerza significativamente menor. Un nudo u otra distorsión en un cabo reducirá significativamente la resistencia a la rotura. La resistencia a la rotura de un cabo nuevo húmedo es entre un 10 % y un 20 % inferior a la de un cabo nuevo seco, probado en las mismas condiciones. Esta normativa (ISO 1140) establece que, para probar la resistencia a la rotura del cabo húmedo, debe estar completamente sumergido en agua durante al menos 24 h antes de la prueba y probado dentro de una hora después de la eliminación del agua. Por otra parte, la normativa ISO 1141 "*Fibre ropes — Polyester — 3-, 4-, 8- and 12-strand ropes*" también asociada a cabos, no establece sugerencias o exigencias para los cabos de poliéster húmedos, por lo tanto, en el diseño, la selección de los cabos que pertenecen a la red de cultivo tiene que considerar las directrices de estas normativas. En cuanto a la normativa ISO 1805 "*Fishing nets - Determination of breaking load and knot breaking load of netting yarns*" todos los elementos a ensayar deben estar en estado seco y ser expuesto a la atmósfera estándar para las pruebas descritas en ISO 139, hasta que hayan alcanzado el equilibrio. para redes de fibras sintéticas o artificiales, se recomienda un período de exposición de 24 h, generalmente suficiente. Cuando no sea posible realizar las pruebas en la atmósfera estándar, las pruebas se llevarán a cabo inmediatamente después de retirar las muestras a la atmósfera estándar. En esta normativa, el humedecimiento se puede realizar en más corto tiempo con la adición de un agente humectante. Las muestras se sumergen durante 1 h en una solución con un agente humectante en agua a una temperatura de 20 ± 2 °C. Se permite el tiempo de inmersión más corto, si se puede demostrar que la muestra se humedece completamente en menos de 1 h. La longitud libre de la muestra entre los dispositivos de sujeción. debe ser de al menos a 250 mm. La duración media del ensayo será de 20 ± 3 s y será determinada por pruebas preliminares. En el caso de no ajustarse a los tiempos por las limitaciones del aparato y/o de los dispositivos de sujeción, la duración de la prueba puede ser 30 ± 3 segundos o 60 ± 6 s. Esto se registrará en el informe de ensayo. Se realizarán al menos 20 pruebas únicas válidas en cada paquete de muestras, llevado a cabo. Si un intervalo de confianza es distinto para la media se prescribe el valor, ya que se deben llevar a cabo muchas pruebas adicionales según sea necesario para asegurar este intervalo de confianza. A continuación, se describen las normativas ISO 1107, ISO 1806, DIN 53844 y JIS L1043:

8.1.2 Norma ISO 1107

La norma ISO 1107:2003, "Fishing nets. Netting. Basic terms and definitions", "determina los terminus principals relativos a redes de pesca y cultivo, así como sus definiciones, por ejemplo:

- a) **redes:** Estructura a base de mallas de forma y dimensión indefinidas compuesta de un hilo o de uno o más sistemas de hilos entrelazados o unidos, o bien obtenidos por otros medios, por ejemplo, por troquelado o cortado del material en forma de lámina o por extrusión.
- b) **hilo para redes:** Todos los tipos de hilos 1) adecuados para la fabricación de redes de pesca.

NOTA 1 – Los tipos principales de hilos para redes son los cordeles. Éstos se definen a continuación.

La dimensión del hilo para redes se indica por su densidad lineal expresada en la unidad tex del sistema Tex, de acuerdo con la Norma ISO 858. La dimensión del producto final se expresa mediante la “densidad lineal resultante”, de acuerdo con la Norma ISO 1139.

NOTA 2 – La densidad lineal resultante es la recíproca del “metraje”, que expresa la longitud por unidad de masa, en metros por gramo o por kilogramo, por ejemplo.

- c) **cordel para redes:** El producto de una operación de torcido que comprende dos o más hilos individuales o monofilamentos.
- d) **cordel cableado para redes:** El producto de operaciones de torcido posteriores que comprenden dos o más cordeles para redes.
- e) **cordel trenzado para redes:** El producto de hilos plegados o trenzados y/o cordeles para redes.
- f) **malla:** Una abertura formada mediante diseño, envuelta por el material para redes. Hay varios tipos de formas de malla.

8.1.3 Norma ISO 1806

La norma ISO 1806 “Fishing nets - Determination of mesh breaking force of netting” determina que la prueba de tracción es realizada utilizando una máquina universal que registre e indique la fuerza aplicada en la probeta. La máquina de prueba se opera a una velocidad tal que el tiempo promedio de ruptura de un grupo de muestras cae dentro de plazos especificados. En este contexto, a continuación, se describirán los elementos técnicos para importante que se deben realizar en una prueba de tracción para una red de cultivo:

8.1.3.1 Máquina de ensayo de tracción

En la normativa 1806 se recomienda utilizar máquinas que tengan las siguientes cualidades:

- a) Determinar la tasa constante de elongación;
- b) Determinar la velocidad constante de la fuerza aplicada vertical;
- c) Determinar la velocidad constante de la fuerza aplicada transversal.

La normativa determina que se debe dar preferencia a una máquina con velocidad constante de elongación. Las abrazaderas de las máquinas de ensayo de tracción se reemplazarán por pasadores de material inoxidable que se colocan en ángulos rectos a la dirección de tracción. Estos deberán ser de suficiente resistencia y tener un diámetro adecuado para la malla a evaluar. Debe ser posible regular la distancia entre los pasadores de manera que se puedan realizar redes de diferentes aberturas de malla someterse a la prueba.

El error máximo de la fuerza indicada en cualquier punto del rango en el que se usa la máquina no debe superar el ± 1 %. Se debe comprobar dinámicamente la precisión de la escala graduada del aparato, por ejemplo, mediante resortes calibrados de características apropiadas. Todas las máquinas de prueba deben incluir instalaciones para producir diferentes tasas de aplicación de fuerza para romper muestras en el tiempo medio especificado hasta la rotura.

8.1.3.2 Muestreo

Las muestras de prueba se seleccionarán al azar de la red para que sean representativas del conjunto. Al momento de preparar la muestra debe proceder de la siguiente manera.

- 1) Corte los extremos sueltos de la malla de muestra lo más lejos posible de los nudos o juntas.
- 2) La fuerza de la malla debe determinarse en la malla central.

8.1.3.3 Requisitos para la prueba

a) Atmósfera para la prueba

La norma ISO 1806 hace referencia a la norma ISO 139, donde todas las muestras que se van a ensayar en estado seco (a excepción de las muestras para el ensayo en estado húmedo) se expondrá a la atmósfera estándar para ensayo de $20\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$ y una humedad relativa de $65\% \pm 2\%$ hasta alcanzar el equilibrio. Para redes de fibras sintéticas o artificiales, se recomienda un período de exposición de 24 h. Cuando no sea posible llevar a cabo las pruebas en la atmósfera estándar, las pruebas deben ser inmediatamente después de retirar las muestras de la atmósfera estándar.

b) Ensayo en estado húmedo

Todas las muestras para ensayar en estado húmedo deberán estar completamente humedecidas antes de la prueba. Para lograr la humectación, deberán ser sumergido en agua del grifo sin agentes humectantes a una temperatura de $20\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$ durante un período no inferior a 12 h o en una solución química de 1 g de agente humectante por 1 litro de agua del grifo a una temperatura de $20\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$ durante 1 h. Se permite un tiempo de inmersión más corto si se puede demostrar que la muestra se humedece completamente en menos de 1 hora.

c) Tiempo de la prueba de resistencia

La duración media de la prueba debe ser de $20\text{ s} \pm 3\text{ s}$. Se determinará mediante pruebas preliminares.

d) Número de pruebas

Se llevarán a cabo al menos 10 pruebas individuales en cada pieza de red, a menos que se acuerde lo contrario entre los comprador y proveedor. Si se prescribe un intervalo de confianza distinto para el valor medio, tantas pruebas adicionales se llevarán a cabo según sea necesario para asegurar este intervalo de confianza.

e) Procedimiento de prueba

Verifique que los pines o bucles de la máquina de prueba estén correctamente alineados y paralelos para que la siguiente aplicación de fuerza a la muestra no causará ninguna desviación angular. Monte la muestra en la máquina de prueba sobre los pasadores o en los bucles de tal manera que sus nudos no toquen los pasadores o bucles (Ver Figura 16).

Las muestras húmedas deben analizarse inmediatamente después de sacarlas del agua. Aplicar la fuerza para alcanzar el tiempo medio prescrito para romper. Si una muestra no se rompe en uno de los nudos o juntas, esta prueba debe descartarse. Deseche todas las observaciones obtenidas en muestras de las cuales los extremos sueltos de la malla se deslizan en los nudos o las articulaciones se distorsionan. Dicho ensayo se repetirá con una nueva muestra. El número de observaciones descartadas según las instrucciones se anotará lo anterior. Si en más de la mitad de las pruebas, los nudos se deslizan, el método de prueba de malla descrito en este Reglamento Europeo No se utilizará el estándar. Se sustituirá por el método de determinación de la carga de rotura del nudo de la red hilos fijando los cuatro extremos en los dispositivos de sujeción de la máquina de ensayo (ver ISO 1805). Si las mallas son demasiado pequeñas para asegurar que los cuatro extremos del nudo sean agarrados por los dispositivos de sujeción, los nudos alrededor del nudo para ser deben abrirse. Los resultados

de dichas pruebas de fuerza de rotura de nudos no son comparables con los resultados de las pruebas de fuerza de rotura de mallas estos últimos dando siempre valores inferiores a los ensayos de fuerza de rotura de nudos.

f) Cálculo y expresión de resultados

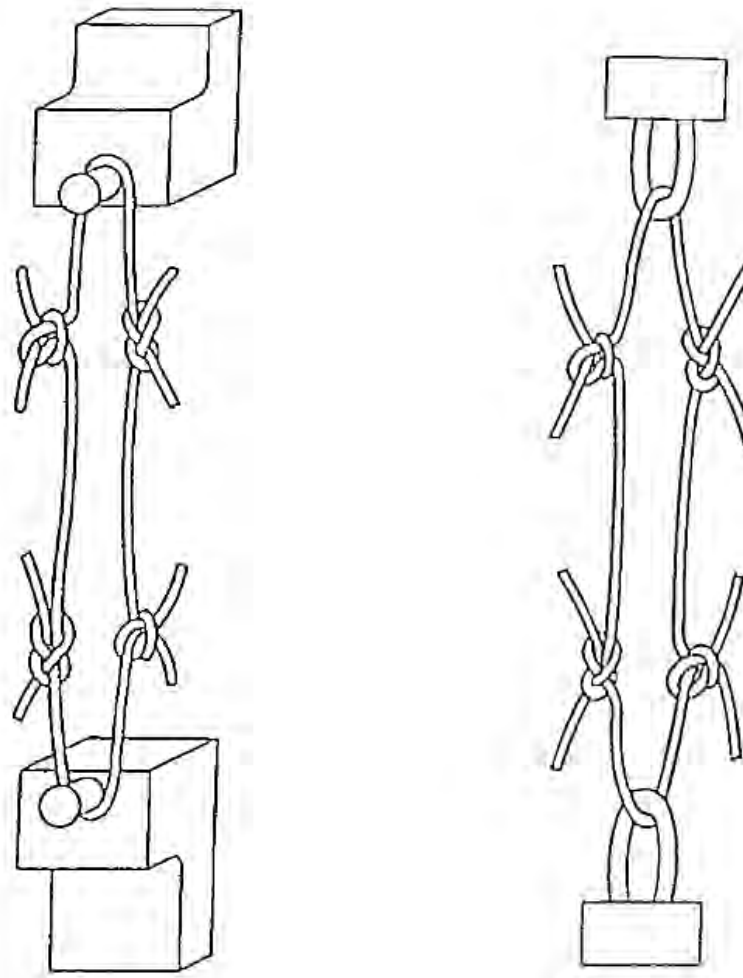
La fuerza media de rotura de la malla se calculará en daN y, en su caso, el coeficiente de variación y el intervalo de confianza. Descartar todas las observaciones obtenidas en muestras en las que los extremos sueltos de la malla se deslizan en los nudos o las juntas se disuelven. Se anotará el número de observaciones descartadas como se indicó anteriormente.

g) Informe de prueba

El informe de ensayo incluirá los siguientes elementos técnicos:

- ✓ Una declaración de que los ensayos se realizaron de acuerdo con esta norma europea;
- ✓ el método de muestreo empleado;
- ✓ una descripción de la red que incluya el material, el tipo de hilo (torcido o trenzado), el tipo de red (hilo simple o múltiple), el tamaño de malla, la densidad lineal nominal del hilo;
- ✓ el tipo y capacidad de la máquina de ensayo utilizada y el rango de indicación;
- ✓ el tipo de dispositivo de sujeción de las mallas: pasador, gancho o lazos;
- ✓ el número de muestras ensayadas (número de mallas rotas en los nudos o en las uniones);
- ✓ el número de mallas rotas fuera de los nudos o juntas;
- ✓ la fuerza de rotura media en daN; el coeficiente de variación y el intervalo de confianza si se requiere;
- ✓ la fuerza de ruptura de la malla húmeda si se requiere;
- ✓ cualquier desviación del procedimiento de prueba especificado;
- ✓ la fecha de la prueba.

Figura 16 - Método de instalación de probetas para realizar pruebas de ensayo de tracción



8.1.4 Norma DIN 53844

A continuación, se describirán los elementos técnicos relevantes que son solicitados en la norma DIN 53844 “Testing of textiles; tensile test for meshes of netting for fishing nets” para los ensayos de resistencia para las redes de cultivo:

8.1.4.1 Objeto y rango de aplicación:

El ensayo de tracción de mallas sirve para determinar la carga de rotura de malla de las redes para redes de pesca.

8.1.4.2 Términos.

La carga de rotura de malla es la carga máxima medida durante un ensayo de tracción en mallas de red en atmósfera estándar.

La carga de rotura de malla húmeda es la carga máxima medida durante un ensayo de tracción en mallas en condiciones húmedas.

8.1.4.3 Principio de procedimiento

Una malla se extiende en estado seco o húmedo hasta que uno de los nudos o juntas alcanza la carga de rotura. Se registra la carga aplicada

8.1.4.4 Muestreo, dimensión de las muestras y preparación de las muestras

Considere las siguientes normativas:

DIN 53802 “Ensayo de textiles; Equilibrio de las muestras en un patrón condición”

DIN 53803 “Prueba de textiles; Muestreo, Indicaciones generales”

DIN 53803 Parte 1 “Ensayo de textiles; Muestreo, base estadística”

8.1.4.5 Elección de la muestra

Las muestras que se seleccionan de la red deben ser representativas del conjunto, La red de la que se toma la muestra no debe tener ningún defecto o daño visible.

8.1.4.6 Toma de muestras de la red

Las muestras se seleccionan al azar de la red, con cuidado de no elegir mallas reforzadas.

8.1.4.7 Dimensión de las muestras y preparación de las muestras

Siempre que sea posible, se prefiere derretir en lugar de cortar, para evitar que se distorsionen los hilos sueltos. hallazgos al preparar las muestras.

8.1.4.8 Condiciones atmosféricas para el ensayo

Las probetas por ensayar (con excepción de las probetas para el ensayo en estado húmedo) son expuesto a la atmósfera estándar $(20 \pm 2) ^\circ\text{C}$ y $(65 \pm 2) \%$ de humedad relativa para la prueba especificado en DIN 53802.

8.1.4.9 Número de pruebas

Se realizarán al menos 20 pruebas únicas válidas. Si se establece un intervalo de confianza distinto para el valor medio prescritas, se realizarán tantas pruebas adicionales como sean necesarias para asegurar esta confianza intervalo. El número de probetas a ensayar se estima mediante la ecuación (8) a partir de DIN 53804, edición enero 1961.

8.1.4.10 Máquinas

Cualquier tipo de máquinas de ensayo especificadas en DIN 51220 y que corresponde a la clase especificada en DIN 51221 Dinamómetro de iones (tipo CRE).

Las abrazaderas de las máquinas de prueba de tracción deben ser reemplazadas por pasadores de material inoxidable que párese en ángulo recto a la dirección del tirón. Estos deben ser de suficiente resistencia y tener un diámetro adecuado para el tamaño de la malla. Alternativamente, bucles de hilo de red más pesados que el de la se puede usar malla. Es necesario utilizar estos bucles si las mallas son muy pequeñas.

8.1.4.11 Velocidad prueba ensayo

Velocidad de la prueba de ensayo es de 120 ± 10 mm/min

8.1.4.12 Procedimiento del ensayo

El ensayo (a excepción del ensayo de tracción para mallas en estado húmedo) se realiza en la atmosfera estándar con (20 ± 2) °C y (65 ± 2) % de humedad relativa,

8.1.4.13 Montaje de la muestra en la máquina de ensayo de tracción

Coloque el espécimen en la máquina de ensayo sobre los pasadores o en los lazos de tal manera que sus nudos no toquen los pasadores ni los bucles (consulte las Figuras 1 y 2).

La muestra por ensayar en estado húmedo debe estar completamente saturada antes del montaje. Conseguir saturación, la muestra se sumerge en agua del grifo a (20 ± 2) °C durante un período no inferior a 12. El período de inmersión se puede acortar si la muestra se satura más rápido.

8.1.4.14 Ensayos de carga de rotura.

Se calculará la carga media de rotura de la malla y, en su caso, el coeficiente de variación y el intervalo de confianza. Descartar todas las observaciones obtenidas en probetas cuyos extremos sueltos de la malla se desliza en los nudos o las juntas se disuelven. El número de observaciones descartadas según las instrucciones. se anotará lo anterior.

8.1.4.15 Informe de prueba

El informe de ensayo incluirá los siguientes elementos técnicos:

- ✓ El método de muestreo empleado
- ✓ Una descripción de la red.
- ✓ El rango de indicación empleado para la medición de la carga.
- ✓ El tipo de dispositivo de sujeción de las mallas: pasador, gancho o bucles.
- ✓ número de probetas ensayadas (número de mallas rotas en los nudos o en las juntas)
- ✓ El número de mallas rotas fuera de los nudos o juntas.
- ✓ La carga de rotura media en daN abreviada en 3 dígitos válidos; el coeficiente de variación e intervalo de confianza si es necesario
- ✓ Carga de rotura de la malla del pozo si es necesario
- ✓ Cualquier desviación del procedimiento de prueba especificado
- ✓ La fecha de la prueba

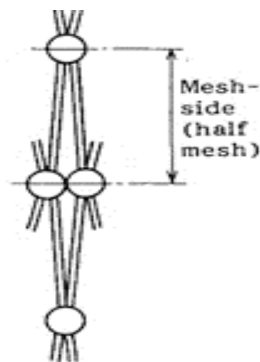
8.1.5 Norma JIS L 1043

Finalmente, a continuación, se describirán los elementos técnicos relevantes que son solicitados en la norma JIS 1043 “Testing methods for synthetic fibre nettings for fishing nets” para los ensayos de resistencia para las redes de cultivo:

8.1.5.1 Definiciones

- 1) Carga inicial: La carga de tal grado que la muestra se tira en una línea recta sin elongación de la muestra. En caso de que la inicial carga que da influencia al alargamiento o similar, la inicial se va a describir la carga.
- 2) longitud del lado de la malla: La distancia desde el centro de un nudo hasta el centro del siguiente nudo.
- 3) longitud de malla: Esto significa, bajo la condición en que la red siendo mantenido verticalmente se aplica la carga inicial, el doble de la vertical distancia del centro de un nudo al centro del siguiente nudo (la mitad malla o lado de la malla) (ver Figura 17) o número de nudos en la distancia de 15,15 cm.

Figura 17 - Longitud de una malla de red



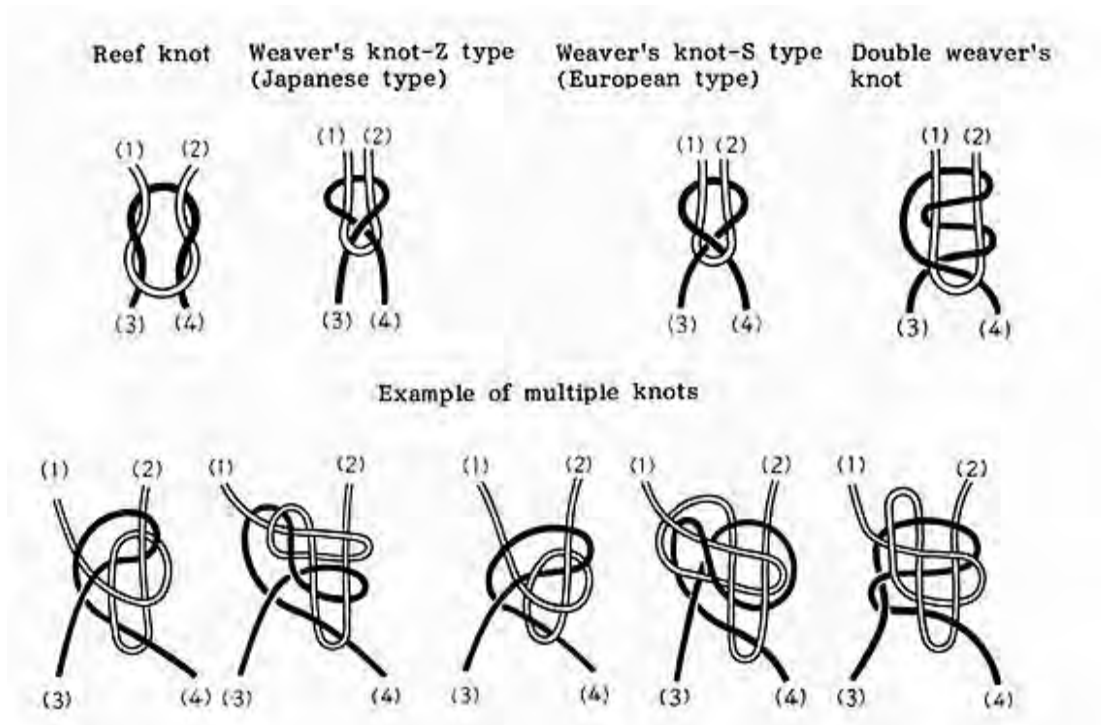
- 4) número de mallas de la red: El número de mallas dispuestas en una fila en la dirección del ancho (dirección corta) de la red.
- 5) longitud de la red: La longitud de la red estirada hasta un grado tal que no causar una holgura no natural en la dirección longitudinal.

8.1.5.2 Clasificación de redes

Las redes se clasificarán, según el perfil que compongan la malla, clasificados en redes con nudos, redes sin nudos, redes Raschel.

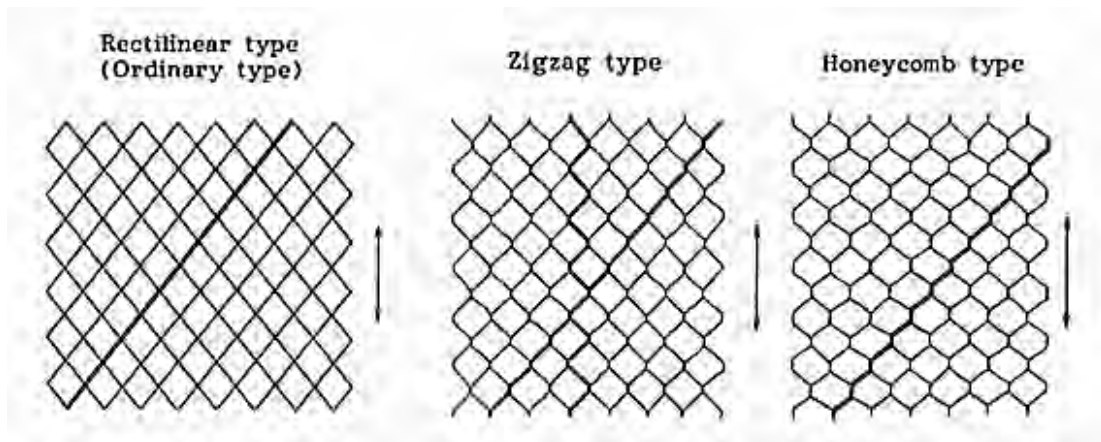
1. Red con nudo: La red hecha de malla al anudar con conexión hilos de red, hay clases de nudo de arrecife, nudo de tejedor, doble nudo de tejedor y nudos múltiples, y los ejemplos se muestran en Figura 18.

Figura 18 - Tipos de nudos en una red



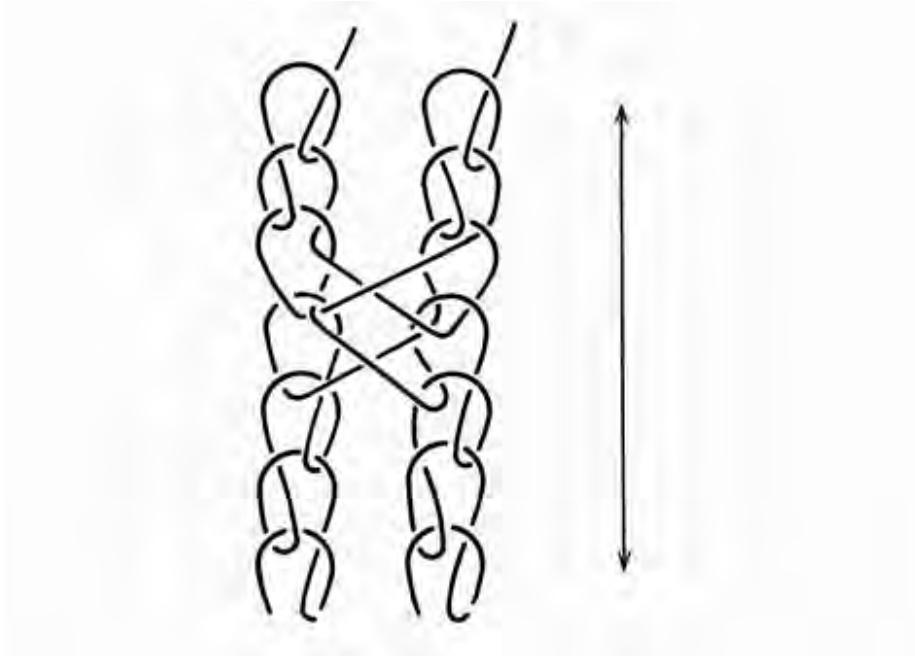
2. Red sin nudos: La malla se fabrica retorciendo cada un hilo de hilo de red y componer el hilo de red simultáneamente por combinación de hilo simple de hilos de red requeridos no menos de dos piezas para formar mallas. En cuanto a las clases, están las de tipo rectilíneo (tipo ordinario), tipo zigzag y tipo panal, y los ejemplos se muestran en la Figura 19,

Figura 19 - Redes sin nudo



3. Red de Raschel: La malla se hace construyendo la parte correspondiente respondiendo al lado de la malla por lazo abierto y la parte conjunta por cerrado bucle, y el ejemplo se muestra en la Figura 20

Figura 20 - Red tipo rachel



8.1.5.3 Elementos técnicos de prueba

Según la normativa JIS 1043 Los elementos de prueba de ensayo de tracción serán los siguientes:

- ✓ porcentaje de humedad
- ✓ Clasificación de la red
- ✓ Número de doblajes de hilo
- ✓ Giro
- ✓ Número de hilos
- ✓ Longitud de la malla
- ✓ Número de mallas
- ✓ Largo
- ✓ Masa por unidad de cantidad
- ✓ Resistencia a la tracción y tasa de elongación
- ✓ Fuerza de bucle
- ✓ Fuerza desgarradora
- ✓ Fuerza de ruptura
- ✓ Porcentaje de retención de agua.

8.1.5.4 Métodos de prueba

1. **Porcentaje de humedad:** Sacar tres redes de probeta de diez mallas cuadradas de la muestra preparada, pesar la masa (g) antes del secado y masa seca absoluta (g), obtener el porcentaje de humedad (%) de acuerdo con la siguiente fórmula y exprese el valor promedio a uno decimal

$$\text{Porcentaje de humedad (\%)} = \frac{W-W'}{W'} \times 100$$

donde, y: masa antes del secado (g)

w': masa seca absoluta (g)

2. **Clasificación de las redes** Observar los nudos o partes de unión de muestra preparada., juzgue el perfil de su nudo y similares.
3. **Número de duplicaciones de hilo** Después de muestrear la pieza de prueba opcional de la muestra preparada destrenzar los hilos retorcidos que componen la pieza de prueba, cuente el número de hilo compuesto y expréselo por el número.
4. **Twist** Saque la pieza de prueba de la muestra preparada, permita que el intervalo de agarre de componer hilo torcido sea de 25 cm o más mediante el uso de un detector de torsión, aplicar la carga inicial y medir en relación con los siguientes elementos. Permita que el número de veces de medición sea 10 veces, obtener los respectivos valores medios y expresar mediante el marcado de torsión especificada en JIS L 1095, según corresponda:
 - a) Dirección de torsión Desenrosque la muestra y examine las direcciones de giro final, giro secundario y primer giro.
 - b) Número de giros Pruebe el número de giros de acuerdo con los siguientes métodos:
 - c) Número de giros finales Desenrosque el giro final de modo que el único el hilo sea paralelo, convierta el número de destrenzado al in- interno de metro y exprese el número de vueltas finales por tres números significativos
 - d) Número de torsiones secundarias Después de haber medido el número de hilos finales en (a), con una pieza restante de separado giro secundario cortar los otros de ambos agarres, volver a agarrar y destorcer el giro secundario restante a la prueba especificada longitud para que el giro no cambie, convierta el número de des enroscamientos al intervalo de metro y expresar el número de giros secundarios por tres números significativos.
 - e) Número de primeros giros Después de haber medido el número de giros secundarios en (b), con una pieza restante de separado hilo simple, corte los otros de ambos agarres, vuelva a agarrar y desenrosque hilo simple restante a la longitud de prueba especificada para que la torsión no cambia, convierta el número de distorsiones al intervalo de metro y exprese el número de primeras vueltas por tres números significativos.

5. **Porcentaje de contracción por torsión después de destorcer la muestra:** mida la longitud del hilo (mm), calcular el porcentaje de contracción por torsión (%) según la siguiente fórmula y exprésela a un lugar decimal.

$$\text{Porcentaje de contracción por torsión (\%)} = \frac{L'-L}{L} \times 100$$

donde, L: longitud de prueba (mm)

L': longitud después de destorcer (mm)

$$tex = 1000 \times \frac{W}{L}$$

$$\left\{ D = 9000 \times \frac{W}{L} \right\}$$

$$\left\{ S = 0.5906 \times \frac{L}{W} \right\}$$

Donde:

Tex= tex

D: Denier

S: Numero de hilazas

W: Masa de la pieza prueba (g)

L: Longitud de la pieza de prueba (m)

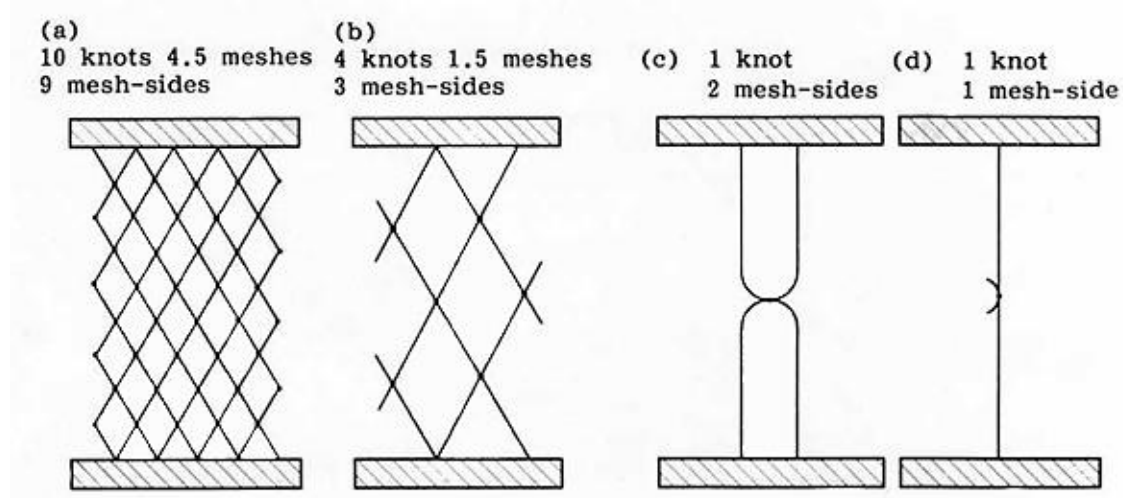
6. **Recuento del número de hilos** Después de agregar la carga inicial a la pieza de prueba de los cuales nudo o parte de la unión sin torcer de la porción facultativa de la muestra, cortar a la longitud determinada, pesar y calcular el hilo recuento de número (tex ([número de denier o número hilazas)).
7. **Longitud de malla** Mantenga la muestra verticalmente, bajo la condición donde se aplica la carga inicial, mida la longitud (cm) desde el centro de un nudo hasta el centro del siguiente nudo (media malla) en dirección vertical, y hacer dos veces (una malla). Sin embargo, relacionar a la malla fina, mida el número de nudos desde el centro de un nudo hasta 15,15 cm por cada media malla.
8. **Número de mallas** Medir el número de mallas dispuestas en una fila en la dirección del ancho (dirección corta) y expresar por el número (mallas). Longitud Estiramiento en dirección larga hasta el punto de que no sea natural no se produce holgura, mida esta longitud (m) utilizando una cinta métrica de acero especificado en JIS B 7512 o un carrete de tamaño adecuado, y expréselo a un lugar de decimales Masa por unidad de cantidad Relativo a la muestra bajo el patrón condición medir la masa (kg) por unidad de cantidad a un número significativo.

9. Resistencia a la tracción y tasa de elongación

- a) Tomar respectivamente 10 redes de probetas de 10 nudos 4,5 mallas 9 lados de la malla en direcciones longitudinales y laterales, utilizando una velocidad constante el probador de elongación a la tracción hace un extremo de la pieza de prueba como se muestra en Figura 15, adhiera lo más firmemente posible el lado de la malla y fije correctamente a la empuñadura superior. A continuación, conecte el otro extremo de la pieza de prueba a la parte inferior, agarre para que no se produzca una holgura no natural, haga que el intervalo de agarre sea de 20 a 30 cm, velocidad de tracción $20 + 1$ cm/min, y medir la resistencia (Níkgf) a la rotura tiempo y tasa de elongación (%). Sin embargo, en caso de que a los 10 nudos 4,5 mallas 9 lados de malla la medición es imposible, medir con 4 nudos 1,5 mallas 3 mallas laterales, 1 nudo 2 mallas lateral o 1 nudo 1 malla lateral como se muestra en (b), (ce) o (d) de la Figura 21. En este caso, tenga en cuenta la alteración.

Adicionalmente. Haga el número de medición 10 veces respectivamente en direcciones longitudinal y lateral, y expresar los valores medios.

Figura 21 Diferentes pruebas en ensayos de tracción de redes



- b) Estado húmedo especificado en JIS L 0105, obtenga la resistencia húmeda (Níkgf) y tasa de elongación (%).

10. Fuerza del bucle

La prueba en el tiempo estándar debe ser en acuerdo con el siguiente método.

- a) **Método dirección de malla longitudinal y dirección de malla lateral** En la muestra preparada debe sacar 10 redes de prueba, pieza respectivamente en dirección de malla longitudinal y malla lateral, fije el gancho de acero de 5 a 8 mm de diámetro para el probador de tracción de elongación de velocidad constante, aplique ganchos superiores e inferiores a la pieza de prueba con una o más mallas remanentes en las direcciones arriba, abajo, lados derecho e izquierdo como se muestra en la Figura 22 (a) haga que el intervalo del gancho unos 10 cm, velocidad de tracción 20 ± 1 cm/min y medir la fuerza (N(kgfh) en el momento de la ruptura. Sin embargo, para tal red que entre el gancho es aproximadamente una malla, aplique los ganchos como se muestra en la Figura 22 (b) y medir. Permita que el número de veces de medición sea 10 veces respectivamente en dirección de malla longitudinal y dirección lateral, y exprese el valor promedio por un número significativo.

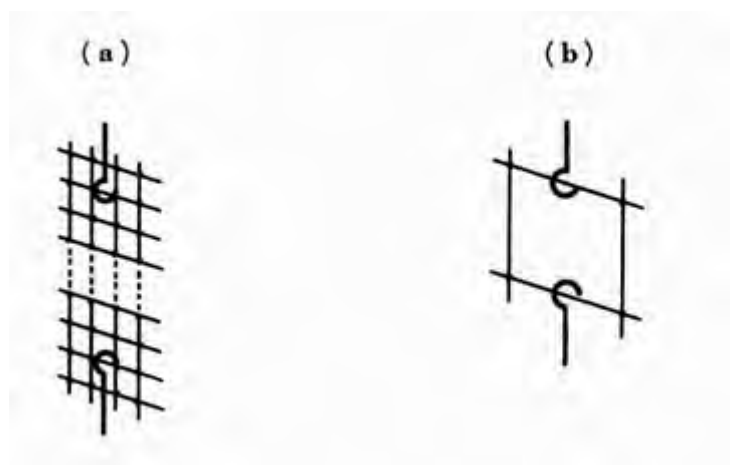
Figura 22 - Método de fijación para la prueba de ensayo de tracción de una red en forma de diamante



Observaciones: Esta prueba se aplica solo a la red con nudos

- b) **Método de dirección de malla oblicua** De la muestra preparada debe sacar 10 hojas de probeta en dirección de malla oblicua, como se muestra en la Figura 10 (a) con el resto de cada una o más mallas en los lados arriba, abajo, derecho e izquierdo, adjuntar a la parte superior e inferior anzuelos y obtener de acuerdo con el primer método. Sin embargo, por la red de aproximadamente una malla entre los ganchos, sujete como se muestra en Figura 10 (b), y medir,

Figura 23 - Método de fijación para la prueba de ensayo de tracción de una red en forma rectangular

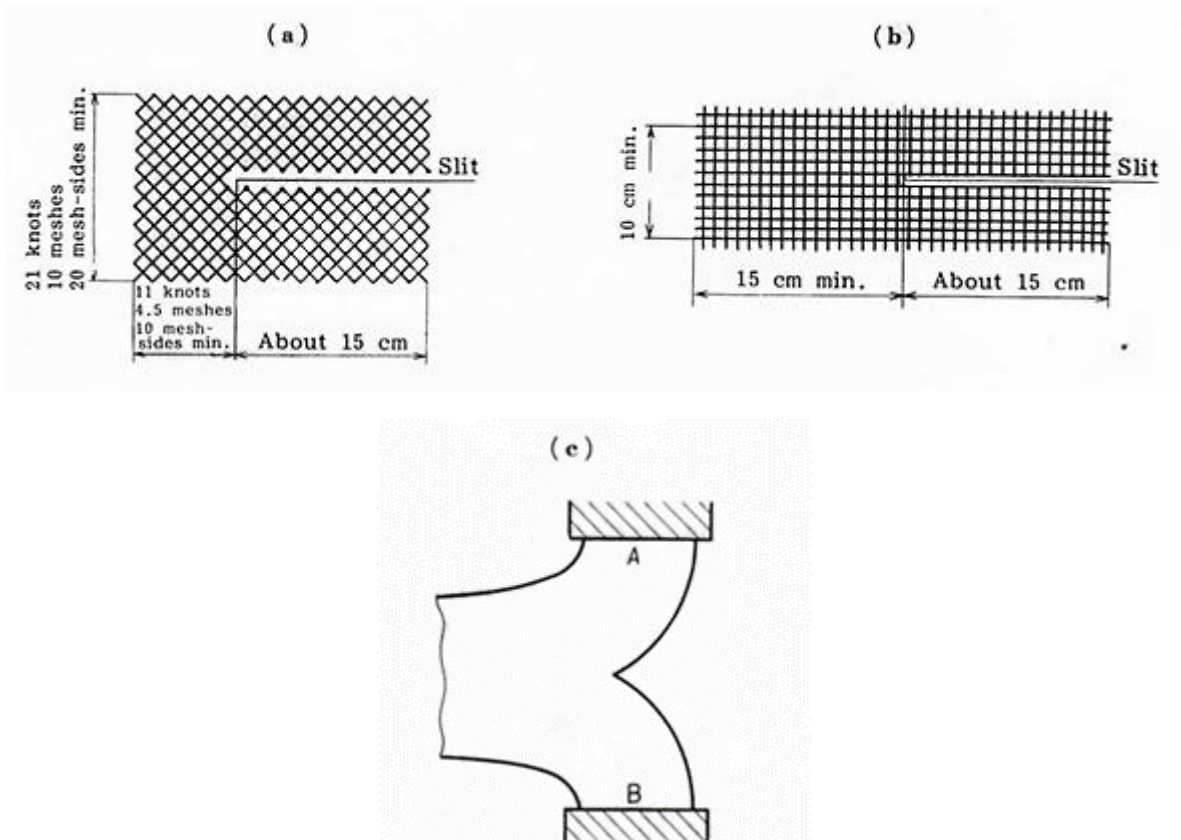


- c) **Estado húmedo** La prueba en estado húmedo debe estar de acuerdo con el siguiente método.
- i. Dirección de malla longitudinal y dirección de malla lateral a la muestra sacada de manera similar e hizo el estado húmedo especificado en JIS L 0105.
 - ii. Dirección de malla oblicua En relación con la muestra extraída de manera similar e hizo el estado húmedo especificado en JIS L 0105.
 - iii.

11. Fuerza desgarradora

Tome respectivamente 10 redes de probeta en la dirección de la malla longitudinal y dirección lateral de malla de no menos de 21 nudos 10 mallas 20 lados de malla (Figura 24 (a)), o no menos de 10 cm x 30 cm para redes de recepción de peces. (Figura 24 (b)); cortar una hendidura de aprox. 15 cm en la vecindad del centro del corto ángulos rectos de los lados con respecto a la dirección longitudinal, mientras permanezcan no menos de ancho de 11 nudos 4,5 mallas 10 lados de malla (Figura 24 (a)), o no menos de ancho de 15 cm para red (Figura 24 (b)). A continuación, mediante el uso un probador de tracción de elongación de tasa constante conecte los dos bordes ranurados de la prueba pieza a ambas empuñaduras del probador como se muestra en la Figura 18 (c), haga que la empuñadura intervalo de 10 cm, velocidad de tracción 20 ± 1 cm/min, y medir la carga máxima (resistencia al desgarro) (N(kgf)) hasta cortar 5 nudos.

Figura 24 - Pruebas de fuerza desgarradora para los ensayos de tracción



12. **Porcentaje de retención de agua** De las muestras de redes sacar 3 probetas de 21 nudos 10 mallas 20 mallas-lados respectivamente en la dirección longitudinal de la malla y la dirección lateral de la malla, y después de pesar la masa (g), sumergir en agua a temperatura ambiente durante no menos de 24 h. A continuación, levante la pieza de prueba del agua, después drenar el agua sobre una red metálica horizontal durante 5 min, pesar la masa (g), obtener el porcentaje de retención de agua (%) según la siguiente fórmula y exprese el valor promedio con un decimal.

$$\text{Porcentaje de retención de agua (\%)} = \frac{W' - W}{W} \times 100$$

donde, w: masa de la probeta en condiciones estándar (gramo)

W': masa de la probeta después de la absorción de agua

13. Cambio de color y resistencia a la exfoliación de la resina

- a) **Prueba de agua salada** De la muestra preparada, sacar 2 probetas de tamaño opcional, y después de pesar la masa (g), sumergir en la solución que contiene cloruro de sodio (3 %) y cloruro de magnesio (0,5 %) a temperatura ambiente durante 24 h. A continuación, sacar la probeta, lavar con agua, deshidratar, secar; juzgar el cambio en color de la pieza de prueba

según JIS L 0801, y expresar el promedio valor. Pese más la masa (g) de la pieza de prueba, calcule la exfoliación resistencia de la resina de acuerdo con la siguiente fórmula y expresar el valor promedio a un lugar de decimal.

Resistencia a la exfoliación de la resina (g) = $W - W'$ donde,

Y: masa de la probeta en condiciones estándar (gramo)

W': masa de la probeta después del tratamiento (g)

- b) **Prueba de agitación** De la muestra preparada., tome 2 probeta de 10 cm cuadrados o más, y después de pesar la masa (g), mediante el uso de una arandela eléctrica de tipo espiral especificada en JIS C 9606 agitar la probeta en agua a $20 + 5^{\circ}\text{C}$ durante 10 h. A continuación, saque la prueba. pieza, lavar con agua, deshidratar, secar; juzgar el cambio de color de la prueba pieza según JIS L 0801, y expresada por el valor medio. Más pesar la masa (g) de la pieza de prueba, calcular la resistencia a la exfoliación de la resina de acuerdo con la siguiente fórmula y expresar el valor promedio a un lugar de decimales,

Resistencia a la exfoliación de la resina (g) = $W - W'$

donde, W: masa de la probeta en condiciones estándar

W': masa de la probeta después del tratamiento

8.1.6 Resumen Normativas pruebas de ensayo

De las normas utilizadas por la industria salmonera, las cuales corresponden a la ISO 1806, DIN 53844 y la JIS 1043 podemos indicar que todas estas son para paños de redes flexibles. De estas normas, la ISO 1806 y DIN 53844 se diferencian básicamente en que esta última considera la velocidad de recorrido de la prueba y duplica el número de pruebas. Mientras que, la norma JIS 1043 es aplicada a paños de construcción torcida sin nudos, ya que el cruce entre hilos que conforman la malla se desplaza al aplicar la fuerza de tensión tal cual se aplica en la norma ISO 1806 y DIN 53844. El complemento de las 3 normativas, abarcan el universo de redes flexibles existentes o mayormente utilizadas en la industria nacional, por otra parte, todas las normas describen los procedimientos de las pruebas de ensayo, siendo similar entre la ISO – DIN y diferente para JIS.

Tabla 5 - Comparación elementos técnicos principales - normativas de resistencia para redes flexibles

Elementos técnicos ensayos	ISO 1806	DIN 53844	JIS1043
Tiempo de prueba	20 ± 3 s	-	-
Velocidad de prueba	-	120 mm/min	$20 + 1$ cm/min,
Numero de pruebas	10	20	10
Condiciones ambientales - atmosfera	$20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$	$20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$	$20 + 5^{\circ}\text{C}$
Condiciones ambientales – humedad relativa	$(65 + 2) \%$	$(65 + 2) \%$	-
Procedimientos de la prueba de ensayo	Si	Si	Si

8.2 **Resultados OE2: Estimar el coeficiente de arrastre para una red de cultivo de salmones, con fouling**

8.2.1 Geometría, estructuras y solidez de redes

En la industria chilena, tradicionalmente se utilizan redes flexibles con dos funciones principales; recepción de los peces en donde se desarrolla el proceso de crecimiento de estos (redes peceras) y la segunda función o uso, es en redes anti predadoras evitando como se indica que predadores como el lobo puedan interactuar con los peces de cultivo. Las redes flexibles tradicionalmente son construidas en fibras sintéticas como poliamida y poliéster, avanzando en los últimos años a polietileno, dyneema, Endumax y otros desarrollos de super fibras o con almas de acero inoxidable o aleación cobre. Las fibras brevemente descritas son tejidas en diferentes tipos de máquinas como son tejido Raschel, torcido con nudo, trenzado con nudo, torcido sin nudo (muketsu) y trenzado sin Nudo (Ultracross, braided muketsu). Otra gran línea de desarrollo es las redes rígidas o semi- rígidas en diferentes materialidades y construcciones como redes de aleación de cobre o acero, Kikonet (econet); Kgrid, entre otros. El líder en el mercado de las redes en salmonicultura chilena es Badinotti empresa instalada en Pto Montt desde el año 2001; cubriendo aproximadamente el 60% del mercado (2018), siendo actores importantes también FIMAR, FISA; Actores emergentes Garware (India) y actores menores otras empresas como Citadini, redes Salinas, Euronete.

El porcentaje indicado es especialmente importante en redes de peceras tanto de recepción como engorda, irrumpiendo más actores en redes loberas. Los calibres (expresado como resultado de resistencia a la ruptura) y claros de malla (medida utilizada en la industria) son variables tanto para recepción como para engorda en las diferentes compañías salmoneras no existiendo estandarización (solamente la incorporación del nuevo reglamento incrementará los calibres). En lo referente a redes loberas existe un tamaño máximo de malla para evitar en amallamineto de lobos y calibres crecientes

A continuación, valores de redes en construcción rashel y breided con nudo para lobero:

- ✓ Malla recepción 1 a 1,5” Claro de malla, 210/120 app 110 kgf (rashel)
- ✓ Malla Engorda 2 a 2,5” claro de malla 210/238 o más 200 kgf (rashel)
- ✓ Lobero 10 a 10,5 “210/570 600 kgf (breided)

La selección de la red es de vital importancia para el diseño de los sistemas balsas jaulas, ya que puede afectar el bienestar animal. Por ejemplo, el uso de redes de aleación cobre influye de forma positiva en el bienestar animal, debido a que mantiene el volumen de cultivo de la jaula, dado que la red es rígida y su inercia es mayor respecto a las redes tradicionales. En este sentido, la disminución del volumen afecta; tasas de crecimiento y niveles de estrés en los peces (Turnbull et al., 2005), tal como ocurre en las redes de nylon (e.g., López et al., 2015, Moe et al., 2010, Lader et al., 2008, Lee et al., 2008). Además, las redes de nylon al interactuar en el medio marino constantemente están sometidas a fouling, que, agregan peso al sistema (Morte, 2018) y aumentan hasta un 45% la fuerza de arrastre (Gansel et al., 2015), incrementando las probabilidades de pérdidas económicas en la industria (Morte, 2018).

Considerando lo anterior, el diseño de la red debe ser riguroso desde la ingeniería, ya que, el confinamiento y la producción depende sustancialmente de esta componente. Las condiciones ambientales, el ataque de depredadores y el fouling pueden ocasionar que los valores de diseño sean excedidos.

8.2.2 Efecto del Fouling de las redes de cultivo en la dinámica del sistema balsa jaula.

La acuicultura es una industria de importancia mundial que proporciona alimentos esenciales para una población mundial en crecimiento y tiene un papel vital en el suministro de proteínas a países con suministros de alimentos inadecuados. Actualmente, el sistema de cultivo balsa jaula para peces son estructuras esenciales para la acuicultura. Las características hidrodinámicas de la balsa jaula son fundamentales para garantizar su diseño seguro. En los últimos años, muchos académicos han realizado estudios sistemáticos sobre las respuestas de carga y movimiento de las balsas jaulas en olas y corrientes (Balash et al., 2009 ; Bi et al., 2014 ; Cheng et al., 2020 ; Decew et al., 2005 , Dong et al., 2010 , Huang et al., 2006 , Klebert et al., 2013 ;Liu et al., 2019 ; Qin et al., 2020 ; Tang et al., 2017 ; Tsukrov et al., 2011). También se han analizado las características de las ondas y los campos de flujo dentro y alrededor de las balsas jaulas (Bi et al., 2013 , 2015 ; Chen y Christensen, 2017 ; Klebert y Su, 2020 ; Martin et al., 2020 ; Patursson et al., 2010). Los estudios también se han centrado en los análisis de ingeniería de la resistencia estructural de las balsas jaulas (Drach et al., 2016 ; Kim et al., 2014).

La red de cultivo del sistema balsa jaula es vulnerable a las incrustaciones de organismos marinos, ya que permanece sumergida en el agua de mar durante mucho tiempo (Braithwaite et al., 2007 ; FitrIDGE et al., 2012). Las algas, los mariscos, los hidroides y los moluscos marinos se adhieren a la malla de la jaula y pueden causar una oclusión rápida de la malla de la red. Los efectos adversos de la bioincrustación se manifiestan principalmente en:

- (i) una reducción en el intercambio de agua en el sistema balsa jaula, lo que afecta negativamente la calidad del agua, impactando el bienestar y el comportamiento de los peces y potencialmente resultando en pérdidas económicas; y
- (ii) un aumento en la carga sobre la balsa jaula, lo que puede amenazar la estabilidad de la estructura y reducir la vida útil de las líneas de amarre (Bloecher et al., 2013 ; Hodson et al., 1997 ; Swift et al. , 2006).

Por lo tanto, abordar los problemas de bioincrustaciones es crucial para las operaciones acuícolas normales y la seguridad estructural del sistema balsa jaula. En los últimos años, los académicos han utilizado varios enfoques para investigar este problema. Swift et al., 2006 realizaron mediciones de campo de nueve paneles de red sometidos a diferentes tratamientos antiincrustantes y concluyeron que los coeficientes de arrastre de la red bioincrustada generalmente aumentaron con la solidez y el volumen de crecimiento. Greene y Grizzle, 2007 investigaron el desarrollo sucesivo de comunidades incrustantes en sistemas balsas jaulas de acuicultura en mar abierto en el oeste del Golfo de Maine y propusieron que la migración pudiese ser un factor clave que influye en el desarrollo de la comunidad. Bloecher et al. (2013) realizó un estudio de campo de un año, en un centro de cultivo de salmón para investigar los efectos del período de inmersión, el tiempo de muestreo y el tamaño de la malla en la biomasa, la riqueza de especies y la composición de la comunidad del biofouling.

Gansel et al., 2015 evaluaron el efecto de los hidroides sobre las fuerzas que actúan sobre los paneles de la red y describieron la relación entre la solidez y la fuerza de arrastre para redes limpias y sucias. Lader et al., 2015 investigaron las características de crecimiento del ensuciamiento de hidroides en redes a través de pruebas de campo; estudiaron el arrastre hidrodinámico de las cuerdas sucias en un tanque de remolque empleando modelos fabricados de cuerdas de red con incrustaciones de hidroides artificiales. Gansel et al., 2017 investigaron el arrastre en redes contaminadas con mejillones azules (*Mytilus edulis*) y algas marinas (*Saccharina latissima*) y discutieron los efectos de las diferentes cantidades y tamaños de los organismos incrustantes. Bi et al., 2018 obtuvieron paneles de redes contaminadas con hidroides mediante muestreo de campo y luego midieron los coeficientes hidrodinámicos de las redes bioincrustadas mediante una prueba de canal de laboratorio. Pica et al., 2019 investigaron el desarrollo, la composición y la variación en una comunidad de bioincrustaciones en un centro de cultivo y descubrieron que el tiempo de inmersión, la estación del año y la profundidad podrían influir en la sucesión y el reclutamiento de bioincrustaciones.

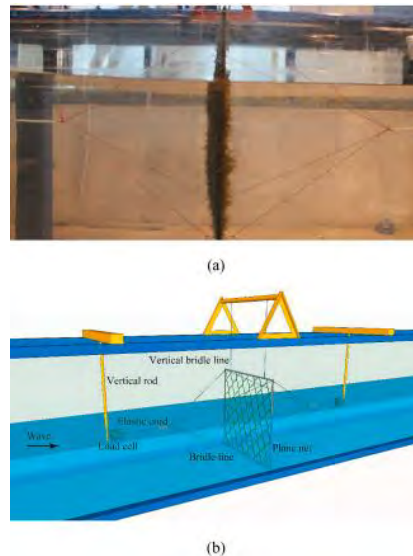
Chun-Wei Bi et al., 2018 investigaron experimentalmente los efectos del ensuciamiento de hidroides en el desempeño hidrodinámico de una red plana en las olas.

Figura 25 - Efectos de ensuciamiento de hidroides en una red de cultivo, Chun-Wei Bi et al., 2018



Se midió la fuerza hidrodinámica y la respuesta de movimiento de las redes limpias y bioincrustadas en las olas,

Figura 26 - Canal de prueba de fuerza hidrodinámica para una red de cultivo, Chum-Wei Bi et al., 2018



y se calcularon los correspondientes coeficientes de arrastre e inercia de las redes. Las conclusiones principales son las siguientes:

- a) La fuerza de las olas y la respuesta de movimiento de la red del avión aumentaron linealmente con el aumento de la bioincrustación. En comparación con el peso y el volumen de la bioincrustación, la solidez de la red tenía una correlación más fuerte tanto con la fuerza de las olas como con la respuesta de movimiento de la red del avión. Por tanto, la solidez neta es un índice adecuado para cuantificar el grado de bioincrustación neta en las olas.
- b) El pico de la fuerza de inercia que actúa sobre la red incrustada con hidroide quedó rezagado con respecto al pico de la fuerza de arrastre debido a la diferencia de fase entre la velocidad y la aceleración de las partículas de agua. La fuerza de arrastre que actuó sobre la red bioincrustada fue una proporción más alta de la fuerza de onda total que la de la red limpia. El biofouling tuvo un efecto más significativo sobre la fuerza de arrastre y un efecto relativamente menos significativo sobre la fuerza de inercia que actúa sobre la red. Para la mayoría de los casos de ondas, la relación entre la fuerza de inercia y la fuerza de arrastre disminuyó al aumentar el número KC .
- c) El coeficiente de arrastre de la red con bioincrustaciones tendió a disminuir con el aumento de los números de Reynolds o KC en el rango de 3,30 a 7,72. La bioincrustación podría aumentar el coeficiente de arrastre de la red entre 4,2 y 7,4 veces. Por el contrario, el coeficiente de inercia de la malla con bioincrustaciones estaba en el rango de 5,04 a 10,83. No se encontró una relación determinista entre el coeficiente de inercia y el número de Reynolds o el número KC . Por lo tanto, para el cálculo de la fuerza de las olas en un sistema balsa jaula, se deben seleccionar los coeficientes de arrastre e inercia adecuados en función de los parámetros dimensionales de la red y los parámetros de las olas

Posteriormente Chun-Wei Bi et al., 2020 investigaron el arrastre y el flujo a través de las redes incrustadas con hidroides en las corrientes mediante experimentos de laboratorio y simulación numérica como complemento del campo de flujo. En este estudio se recomendó que la solidez de la red incrustada con hidroide sea un índice confiable para describir el nivel de incrustación de tipo hidroide en lugar del peso y el volumen de la bioincrustación. En general, el arrastre que actúa sobre la red aumentó con el incremento del nivel de contaminación biológica. Se encontró que la acumulación de hidroides puede conducir a más de 10 veces más cargas hidrodinámicas en las redes. Por otra parte, la velocidad del flujo aguas abajo de la red disminuye continuamente con el aumento del nivel de contaminación biológica. Se encontró una reducción máxima en la velocidad del flujo, ~21,4%, aguas abajo de la red con el mayor nivel de bioincrustación, lo que indica un efecto negativo significativo en el intercambio de agua en el sistema balsa jaula.

Por ejemplo, Nobakht-Kolurinforma et al., 2021 estudiaron los efectos del ensuciamiento marino en las fuerzas hidrodinámicas en jaulas de red de acuicultura en 3D. Los modelos de jaula incluían una red limpia y dos redes ensuciadas artificialmente. Se consideraron ocho casos de olas regulares de diferentes alturas, períodos y pendientes. Se obtuvieron y analizaron las series temporales de las fuerzas de oleaje y balanceo, así como los momentos de cabeceo y balanceo. Los principales hallazgos del estudio experimental actual se pueden resumir de la siguiente manera:

- a) La amplitud de la fuerza de oleaje fue notablemente mayor (alrededor de 2,5 a 4 veces) que la amplitud de la fuerza de balanceo, según las propiedades de las olas y las condiciones de incrustación.
- b) La amplitud de la fuerza de impulso y la amplitud del momento de lanzamiento aumentaron por la presencia de incrustaciones y aún más por la longitud de las incrustaciones. Giró al contrario con la fuerza de balanceo y el momento de balanceo.
- c) Los perfiles temporales de fuerza eran casi regulares, pero contenían armónicos más altos que se manifestaban como pequeñas fluctuaciones excedentes alrededor de un armónico principal. La amplitud de los armónicos de alto orden se hizo más pequeña por la presencia de ensuciamiento y, además, por la longitud del ensuciamiento
- d) La fuerza de oscilación estaba casi en fase, pero mantuvo un cambio de fase de alrededor de $\pi/2$ relevante para la fuerza de sobretensión. Este último parecía estar en fase con la elevación de la superficie del agua en el punto central de la jaula.
- e) Las amplitudes de las fuerzas/momentos inducidos por las olas disminuyeron según el período de la ola a una altura de ola constante, pero aumentaron según la altura de la ola a un período de ola constante.
- f) La asimetría de las formas de onda de la fuerza de oleaje y oscilación aumentó por la presencia de incrustaciones y aún más por la longitud de las incrustaciones.
- g) Los operadores de amplitud de respuesta (RAOs) en surge y pitch mostraron un incremento máximo de 72% y 36% por el fouling. Las RAOs en balanceo y balanceo mostraron una disminución máxima de 26% y 32% por el ensuciamiento. Para los casos de olas examinados, las RAO de fuerza y momento no dependieron significativamente de las variaciones de altura de las olas.
- h) Se notó que los efectos del ensuciamiento suave en la amplitud de fuerza/momento eran notablemente más fuertes bajo olas irregulares en comparación con olas regulares. Se llegó a

la conclusión de que las pruebas bajo olas regulares podrían dar lugar a una subestimación de los efectos del ensuciamiento suave en las fuerzas/momentos inducidos por las olas.

- i) Se demostró que las fórmulas disponibles para el coeficiente de fuerza de arrastre en redes limpias se pueden utilizar para las jaulas sucias sujetas a olas regulares introduciendo una solidez de red equivalente adecuada. La solidez neta del modelo de jaula limpia fue igual a 0,26. La solidez de las redes ensuciadas se volvió a calcular y se encontró que era de alrededor de 0,31 y 0,375 en las fuerzas de impulso en jaulas con ensuciamiento de 6 mm y 20 mm de largo, respectivamente.
- j) La solidez de la red ensuciada también se obtuvo a partir de un análisis de histograma de píxeles. Sin embargo, fue necesario descomponer la solidez neta en las porciones "oscilantes" y "no oscilantes". Este último tuvo que ser multiplicado por un factor de reducción antes de su introducción a las fórmulas del coeficiente de arrastre.

La calidad del agua dentro de las jaulas se deteriora como consecuencia de la bioincrustación; su crecimiento es considerado un problema crucial en la acuicultura marina (Madin y Ching, 2015). En algunos casos, se han reportado hasta 7 toneladas de bioincrustaciones en redes de cultivo de un sistema balsa jaula (Blöcher, 2013) y hasta una docena de toneladas en centros de cultivo de salmón (Floerl et al., 2016). Las estimaciones de la cantidad de bioincrustaciones asociadas a los sistemas de cultivo balsa jaula de salmón estándar de 30 x30 metros en Chile indican que varía entre 300 kg y 3 toneladas para redes bajas y altamente incrustadas, respectivamente (IFOP, 2013). La reducción del flujo de agua provoca una acumulación de productos de desecho, principalmente partículas (alimentos no consumidos y heces de pescado) y desechos metabólicos disueltos. (amoníaco y urea) (Beveridge, 2004; Madin et al., 2010), afectando no solo la salud de los peces de cultivo sino también el medio ambiente (Braithwaite y McEvoy, 2005).

Cornejo et al., 2020 muestran una caída media de la velocidad del flujo dentro de la jaula de 39% y 48% con nivel medio y alto de bioincrustación neta con respecto al valor de referencia (caso de simulación de red limpia), estos valores son consistentes con la literatura reportada sobre reducciones de flujo dentro de los sistemas de balsa jaula; Bi et al. 2018 informaron que para una sola red bioincrustada, se observó una reducción del 21,4 % en la velocidad del flujo en comparación con una red limpia. La transmisión de agua, medida como el porcentaje de la velocidad actual dentro de las jaulas en relación con las jaulas exteriores actuales, se reduce significativamente a medida que aumenta el ensuciamiento. Inoue, 1972 detectó una reducción de la velocidad del agua dentro de las jaulas (del 19 % al 69 %) en relación con las mediciones externas. La comparación del efecto de la bioincrustación en jaulas de red a gran escala a diferentes niveles de intensidad ha mostrado factores de reducción de la velocidad del flujo de hasta 0,6 (reducción del 40 % en la velocidad del flujo) (Bi et al., 2015a), además de una ecuación cuadrática que relaciona la resistencia neta se formulan los coeficientes con su respectiva reducción de caudal. Asimismo, cuando se dispusieron en línea cuatro redes planas limpias, se obtuvo un factor de reducción de la velocidad del flujo de 0,68 (Bi et al., 2013), lo que significa que el efecto de bioincrustación en los paneles de la red equivale al doble del número de redes en las jaulas para peces. El flujo de agua reducido, es decir, <10 cm/s, promueve la bioincrustación neta rápida (Madin et al., 2010).

Una red muy ensuciada restringe el flujo de agua debido a la oclusión de la red, que puede aumentar más del 20 % en dos semanas en las redes de cultivo de salmón (Braithwaite et al., 2007), y también

puede disminuir sustancialmente la cantidad de oxígeno disponible para el pez. (Beveridge, 1984; Beveridge, 2004; De Nys y Guenther, 2009; Willemsen, 2005). Los niveles reducidos de oxígeno provocan una disminución en la actividad y en el crecimiento de los peces (Dürr y Watson, 2010), lo que afecta negativamente el bienestar de los peces (Floerl et al., 2016). En casos extremos, una reducción importante del tamaño de la malla provoca asfixia grave en los peces (Madin y Ching, 2015). Por ejemplo, una importante reducción en el suministro de oxígeno disuelto debido a la bioincrustación provocó la muerte de 4500 salmones del Atlántico en Maine (EE. UU.) durante 2002 (Braithwaite y McEvoy, 2005). Otros factores, como la densidad de población, pueden magnificar los efectos perjudiciales de la bioincrustación. A medida que aumenta la densidad de población, aumenta la tasa de consumo de oxígeno y, por lo tanto, una combinación de flujo de agua reducido debido a la bioincrustación (y, por lo tanto, oxígeno disponible reducido para los peces) con niveles elevados de biomasa de peces (y, por lo tanto, tasas altas de consumo de oxígeno) puede empujar disuelto oxígeno a niveles críticos (De Nys y Guenther, 2009).

La bioincrustación también puede afectar la dispersión de las larvas de piojo de mar producidas en las jaulas de salmón, actuando como una barrera física que retiene las etapas planctónicas de los piojos de mar dentro de las jaulas contaminadas, lo que retrasa la dispersión fuera de las redes (Costelloe et al., 1996; Øvrelid, 2017). Este movimiento de agua reducido a través de las jaulas y la retención de larvas asociada dentro de las jaulas facilita la infección parasitaria en los peces de cultivo (IPM, 2003). También se sospecha que los organismos bioincrustantes pueden albergar piojos o sus larvas (Floerl et al. [2016]), por lo que la prevención de la incrustación de redes es deseable para mantener los piojos de mar por debajo de los niveles que podrían generar problemas de salud (Burka et al., 2011).

El desarrollo de comunidades bioincrustantes aumenta la susceptibilidad de los peces de cultivo a las enfermedades (Bloecher et al., 2013; Blöecher et al., 2018; De Nys y Guenther, 2009). La bioincrustación puede actuar como anfitrión de patógenos que afectan a los salmones de cultivo. El agente de la enfermedad amebiana de las branquias (AGD), *Neoparamoeba perurans*, se detectó en mejillones que se alimentan por filtración de incrustaciones recolectados de redes de un centro de cultivo en noruega con un brote de AGD (Floerl et al., 2016). La enfermedad amebiana de las branquias afecta al salmón del Atlántico (*Salmo salar*) y la trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) y fue la causa de varios eventos de mortalidad de salmónidos de cultivo en todo el mundo, incluso en la industria salmonera chilena (Clark y Nowak, 1999). La AGD se considera un problema recurrente en Chile, especialmente durante los años cálidos y secos, causando hasta un 53 % de mortalidad en la industria salmonera (Oldham et al., 2016). La epizootia AGD detectada durante 2007 en tres centros de cultivo de salmón en la isla de Chiloé, Chile (lat. ca. 42°40'S) sugiere que los altos niveles del copépodo ectoparásito (*Caligus rogercresseyi*) detectados en estos centros pueden tener un papel en la transmisión de enfermedad branquial amebiana (Bustos et al., 2011). Este patrón de coinfección refuerza la hipótesis de que la reducción del flujo de agua debido a la bioincrustación facilita las infecciones parasitarias y, al mismo tiempo, aumenta el riesgo de infección por AGD entre los peces de cultivo.

Se han detectado patógenos salmónidos relevantes en bioincrustaciones adheridas a redes, boyas y estructuras flotantes en centros salmoneros del sur de Chile, incluida la bacteria *Piscirickettsia salmonis* que causa la enfermedad más importante (Septicemia Rickettsial Salmónida; SRS) que afecta a la industria en Chile. Se ha detectado *P. salmonis* y el virus de la anemia infecciosa del salmón

(ISAv) en la columna de agua después de la limpieza in situ de redes sucias (FIP, 2016).). La evidencia preliminar sugiere que los organismos bioincrustantes como el mejillón *Mytilus chilensis* obtenido en los centros de cultivo del sur de Chile probablemente estén actuando como reservorios de *P. salmonis* (FIP, 2011; Leal, 2014). La bioincrustación en las redes chilenas de salmón cultivado se reconoce como un factor de riesgo principal para los principales brotes de SRS, y su riesgo relativo indica que es 3,24 veces más probable que surja un brote importante de SRS si no se realiza la eliminación de la bioincrustación o la limpieza/remoción de las redes (Gelcich et al., 2016). Por lo tanto, el biofouling puede ser considerado como un factor de riesgo de varias enfermedades/patógenos para el salmón de cultivo chileno y, en consecuencia, se debe tener en cuenta su control y manejo adecuado cuando se detectan disminuciones significativas en las tasas de flujo de agua dentro de las jaulas, como se reporta en este estudio.

La cantidad de bioincrustaciones varía según factores geográficos y de gestión (p. ej., entrada de alimentos), y también entre empresas de cultivo de salmón (Braithwaite y McEvoy, 2005). Además, se ha detectado variabilidad entre el crecimiento de la bioincrustación y la biomasa acumulada entre las jaulas (Guenther et al., 2010), lo que hace que la evaluación del efecto de la bioincrustación en el flujo y la calidad del agua sea un problema relacionado con la ubicación de los centros y la orientación de los sistemas balsas jaulas, entre otros factores. De acuerdo con el Decreto Supremo D.S N° 320/2001(Actualizado D.S N° 125-2019), la limpieza de las redes en los centros de cultivo de salmón debe realizarse cada 60 días durante el otoño/invierno y cada 20 días durante la primavera/verano, independientemente de la cantidad de bioincrustaciones acumuladas en las redes (FIP, 2016).

Los administradores de los centros de cultivo de salmón consideran que la frecuencia de limpieza de las redes depende de las condiciones oceanográficas locales, ya que las redes tratadas permanecen limpias después de 5 y 7 meses cuando la velocidad de la corriente supera los 30 cm/s y los 85 cm/s, respectivamente (IFOP, 2013).). Dado que el monitoreo y la estimación de bioincrustaciones in situ son costosos y operacionalmente difíciles de realizar. La herramienta Computational Fluid Dynamic (CFD) utilizada en Cornejo et al.,2020 surge como una metodología viable y eficiente para la estimación de los efectos adversos de bioincrustaciones en diferentes escenarios. A medida que la información necesaria (p. ej., batimetría, viento, corrientes) esté disponible para otros centros de cultivo de salmón, se pueden calcular los tiempos de lavado y los flujos de agua a diferentes niveles de contaminación biológica para ubicaciones específicas. Esta información puede ser útil para programar un programa de limpieza de las redes de cultivo de salmón de acuerdo con las condiciones oceanográficas locales específicos que promueven o inhiben el crecimiento de bioincrustaciones.

Dado que las redes con el paso del tiempo son afectadas por algas y crustáceos que se adhieren a su superficie, se hace necesario estimar la carga en presencia de fouling. Para lo anterior, en la práctica de la industria salmonera chilena se considera este efecto mediante un aumento en la razón de solidez de la red, manteniendo el valor del coeficiente de arrastre al no existir recomendaciones y/o normativas acerca de la variación de C_d en presencia de fouling.

En la práctica, para el caso de redes loberas, se recomienda usar un valor de S_n mínimo de 0.1 para redes limpias, 0.3 para condición de operación y 0.5 para condición de supervivencia. Para el caso de redes peceras, se recomienda un valor de S_n mínimo de 0.2 para redes limpias, 0.4 para condición de operación y 0.5 para condición de supervivencia.

En cuanto al aumento de masa a considerar por la presencia de fouling, particularmente mitílidos, se recomienda usar un peso mojado correspondiente al 30% del peso en seco de los mitílidos. Para el caso de algas, éstas se consideran con boyantes neutra por los que no suman carga vertical al sistema, incrementando sólo la carga horizontal por efecto de incremento del área proyectada de los paños de red.

8.2.3 Caracterización del fouling

El bio-incrustante marinos es definido como el conjunto de especies de invertebrados sésiles o hemisésiles y algas que se adhieren o se desplazan sobre sustratos artificiales manufacturados por el hombre y posicionados en el mar (Hillman 1977, Railkin 2004). La mayoría de los organismos se caracterizan por presentar altas tasas de reclutamiento y crecimiento, que los hace eficientes colonizadores de sustratos de origen antropogénico, entre cuyos principales grupos se destacan las algas, esponjas, hidrozoos, briozoos, moluscos, cirrípedos y ascidias (Richmond & Seed 1991, Walker et al. 2007, Fitridge et al. 2012); caracterizándose algunas especies de mitílidos como *Perumytilus purpuratus* y *Mytilus chilensis* o de ascidias como *Pyura chilensis* y *P. preaputialis* como especies bio-ingenieras (Jones et al. 1994, Castilla et al. 2004, Prado & Castilla 2006, Sepúlveda et al. 2003). Durante la fase de dispersión, las larvas o esporas de estas especies son transportadas por las corrientes marinas y/o olas, se adhieren y crecen sobre sustratos artificiales como pilotes de muelles y puentes, boyas, defensas costeras, cascos de embarcaciones, redes de pesca, sistemas de cultivo, plataformas petroleras, ductos y turbinas submarinas (Richmond & Seed 1991, Yan & Yan 2003, Pacheco & Garate 2005, Langhamer et al. 2009, Maar et al. 2009, Fitridge et al. 2012). En consecuencia, en la planificación del uso de estas estructuras en el mar (construcción, emplazamiento, servicio y eventual mantenimiento) requieren de estudios sobre los potenciales organismos bio-incrustantes del área de instalación del proyecto.

Según el estudio de Manríquez et al., 2014 y la información recopilada, en las costas de Chile se han registrado 211 especies/taxones de bio-incrustantes. Estas comprenden 32 especies de algas y 179 invertebrados marinos. Del total de las especies registradas sólo 6 (2,84%) corresponden a especies introducidas: las ascidias *Ciona intestinalis*, *Asterocarpa humilis* y *Molgula ficus*, el alga *Chlorophyta Codium fragile* y colonias de los briozoos arborescentes *Bugula flabellata* y *B. neritina*. Los taxones más representados corresponden a Arthropoda, Mollusca y Annelida (Tabla 5 y Tabla 6).

Tabla 6 - Especies bio- incrustantes frecuentes

Fila / División	Especies	Porcentaje
Chlorophyta	5	2,37
Phaeophyta	14	6,64
Rhodophyta	13	6,16
Porifera	4	1,90
Cnidaria	17	8,06
Platyhelminthes	5	2,37
Nemertina	3	1,42
Annelida	31	14,69
Arthropoda	53	25,12
Mollusca	37	17,54
Echinodermata	3	1,42
Urochordata	15	7,11
Ectoprocta	11	5,21
TOTAL	211	100

Respecto al estudio de Manríquez et al., 2014. Las especies de invertebrados sésiles o hemisésiles más frecuentes fueron especies de Mollusca, Arthropoda, Cnidaria y Echinodermata. Siendo que estas especies de bio-incrustantes registradas en estos sustratos también fueron registradas en zonas rocosas naturales de la zona intermareal.

Tabla 7 – Especies predominante según Filum en el Bio-fouling

Filum/División	Nombre científico
Chlorophyta	<i>Rama novaezelandiae</i> † <i>Ulva compressa</i>
Rhodophyta	<i>Gelidium pusillum</i> † <i>Hildenbrandia</i> sp.† <i>Mazzaella laminarioides</i> † <i>Nothogenia fastigiata</i> † <i>Porphyra columbina</i> †
Cnidaria	<i>Acontaria</i> sp.† <i>Anthopleura hermafroditica</i> † <i>Phymactis clematis</i>
Mollusca: Bivalvia	<i>Mytilus chilensis</i> <i>Ostrea chilensis</i> † <i>Perumytilus purpuratus</i> †
Mollusca: Gastropoda	<i>Acanthina monodon</i> † <i>Austrolittorina araucana</i> † <i>Concholepas concholepas</i> <i>Diloma nigerrima</i> † <i>Nacella deaurata</i> † <i>Nacella magellanica</i> † <i>Prisogaster niger</i> † <i>Scurria araucana</i> † <i>Scurria ceciliana</i> † <i>Siphonaria lessoni</i> <i>Tegula atra</i> †
Mollusca: Polyplacophora	<i>Chiton granosus</i> † <i>Chiton magnificus</i> †
Arthropoda: Crustacea	Amphipoda spp. Isopoda spp. <i>Jehlius cirratus</i> † <i>Notochthamalus scabrosus</i> † <i>Petrolisthes violaceus</i> †
Echinodermata	<i>Loxechinus albus</i> †

En la acuicultura, la presencia del fouling es altamente perjudicial dado que la incrustación en la infraestructura utilizada en el cultivo de peces limita el intercambio de agua, aumenta el riesgo de enfermedades y provoca deformaciones en las jaulas y estructuras. Específicamente, sobre las jaulas de cultivo, la incrustación biológica agrega un peso y una resistencia significativa a la infraestructura de cultivo (Fitridge 2012). Uno de los efectos más destacados del fouling es el aumento de la fuerza de arrastre en las jaulas de cultivo. A medida que los organismos marinos se acumulan en las redes y estructuras de las jaulas, se crea una superficie adicional que es rugosa y áspera. Esto genera una mayor resistencia al flujo del agua, lo que requiere un sistema de fondeo más robusto para mantener las balsa-jaula de cultivo en su lugar.

Al mismo tiempo, pareciera haber diferencias en el fouling presente en las regiones de Los Lagos, Aysén y Magallanes debido a las particularidades de cada área. Estas diferencias pueden deberse a factores como la temperatura del agua, los nutrientes disponibles, las corrientes marinas y las especies de organismos marinos presentes en cada región. Esto ha quedado de manifiesto en las entrevistas realizadas en el marco del presente estudio (ver capítulo 7.3.2).

Por otra parte, la información científica disponible es escasa respecto a la caracterización del fouling asociado a las redes de cultivo de peces en Chile y la localidad o región en donde se lleve a cabo el cultivo. Sin embargo, se reconoce que existe un esfuerzo por describir distintas especies presentes en el fouling que tienen influencia negativa en la salmonicultura, entre ellas están los Amphidopas, Bivalbos, Hidrozoos, Cirripedios, Briozoos, Ascidas, Algas y Diatomeas.

En todos los casos, se ha descrito que el fouling se compone de una secuencia de 4 fases:

1. Formación de película acondicionada
2. Colonización primaria
3. Colonización secundaria
4. Colonización terciaria

La película acondicionada es una acumulación de compuestos orgánicos e inorgánicos y provee una superficie pegajosa amigable a la adherencia de bacterias (Baier et al 1968; Dexter 1979)

La colonización primaria corresponde al biofilm y se desarrolla con microalgas y bacterias como *Pseudomonas* spp., *Vibrio* spp. Entre otras, que se vinculan a la superficie. En este proceso son las diatomeas las microalgas más importantes (Marshall et al 1971).

La colonización secundaria es una biopelícula microbiana más compleja que típicamente incluye algas y protozoos. Mientras que en la colonización terciaria ocurre el asentamiento de organismos macroscópicos como larvas de cirripedios, briozoos, moluscos, poliquetos, ascidas, hidrozoos, entre otros (Von Oertzen et al 1989).

Algunas especies presente en el fouling asociado a la salmonicultura son la Jassa (*Jassa* spp.) Mantis religiosa (*Caprella* spp), Picoroco (*Austromegabalanus psittacus*), Chorito (*Mytilus chilensis*), Cholga (*Aulacomya atra*), Membranipora (*Membranipora* spp), Musgo de mar (*Bugula* spp), Hidrozoos (*Obelia* spp), Ascidas o Tunicados (*Ciona intestinalis*), Lechuga de mar (*Ulva* spp), Algas rojas (*Polysiphonia* spp), Barrito (Diatomeas pennadas) (Steen-Hansen, 2015)

Es importante tener en cuenta que la composición y la presencia de fouling pueden variar dentro de cada región y también pueden cambiar con el tiempo debido a factores ambientales y actividades humanas. Por lo tanto, es esencial llevar a cabo un monitoreo regular del fouling en cada área para

comprender mejor su impacto en la salmonicultura y tomar las medidas adecuadas de control y manejo.

En el presente subcapítulo se caracterizan las especies de biofouling identificadas por Región en las redes de cultivo que son mantenidas, reparadas y evaluadas por talleres de redes, quienes realizan la limpieza de estas, activo esencial en el proceso de cultivo que se reutiliza y tiene una vida útil limitada y supeditada a las condiciones hidrodinámicas, uso, manejos, etc. Esta caracterización describe las experiencias con la industria salmonera de los talleres de redes, tales como Badinotti Services, Marmau, entre otros. Es por esto, que, en la siguiente Tabla 8 se describen las especies reconocidas de fouling adheridas en las redes de cultivo tratadas de acuerdo con las experiencias de los talleres y salmoneros entrevistados:

Tabla 8 -Especies de fouling reconocidas en las redes de cultivo por Región, Fuente: Entrevista

Región/ localidad	Tipo de fouling (especies reconocidas)	Frecuencia (Menciones)
X	Mitílidos	6
	Moluscos	1
	Picoroco	2
	Pelillo	2
	Piure	1
XI	Briozoo	3
	Pelillo	5
	Moluscos	1
	Cirripedios	1
XII	Briozoo	3
	Pelillo	1

En la Tabla 7 se observa que en la X Región de Los Lagos las especies reconocidas frecuentes en las redes de cultivo son mitílidos, moluscos, picoroco, pelillo y piure, mientras que, XI Región de Aysén se ha reconocido especies como Briozoo, pelillo, moluscos y cirripedios, finalmente para la Región XII de Magallanes, Briozoo y Pelillo. En este contexto, esta información cualitativa y de observación por parte de los talleres de redes, se puede describir que las especies predominantes, relevantes y de gran cobertura en la red se da en la X región, siendo un lugar clave para representar el fouling en las memorias de cálculo de fondeo debido a que es un elemento clave para el diseño de estos sistemas de cultivo tipo balsa jaula.

8.2.4 Análisis biofouling bastidores

Los resultados de diversidad de macro incrustantes formadores de biofouling se describe en las siguientes Tablas, Figuras y fotografías, considerando que el análisis morfológico de los individuos encontrados sobre la muestra de interés se realizó en los paños de red T1, T2 y T5. Para ello, a continuación, se detallan los datos obtenidos para cada tipo de red:

8.2.4.1 Red T1

✓ Muestra 1

Tamaño: 50 x 11 cm

Área: 550 cm²

Porcentaje de cobertura total: 90% *Mytilus sp.*

Tabla 9 - Resultado de los organismos encontradas en la muestra 1 de la malla T1. -

Grupo taxonómico	Familia o Especie	Abundancia
Bivalvia	<i>Mytilus sp.</i>	556
Amphipoda	<i>Ischyrocerus sp.</i>	5
Gastropoda	<i>Siphonaria sp.</i>	2
Tanaidacea	<i>Zeuco sp.</i>	2
	Total	565
	Riqueza específica	4
	Densidad (ind/cm²)	1,1

Figura 27 - Fotografías representativas de los bivalvos encontrados en la red T1. (a) Bivalvos clasificados morfológicamente. (b y c) Imágenes comparativas de los diferentes tamaños de bivalvos encontrados en la red T1.

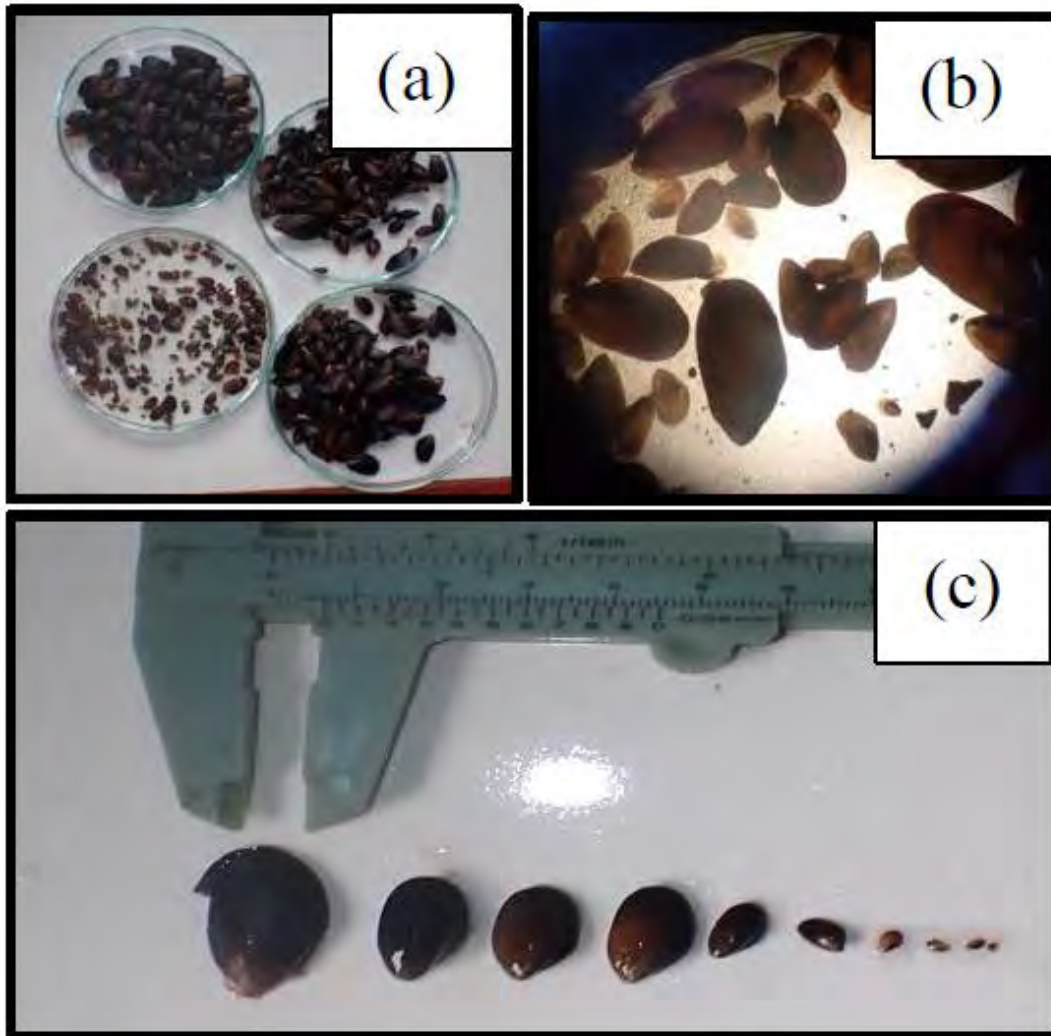
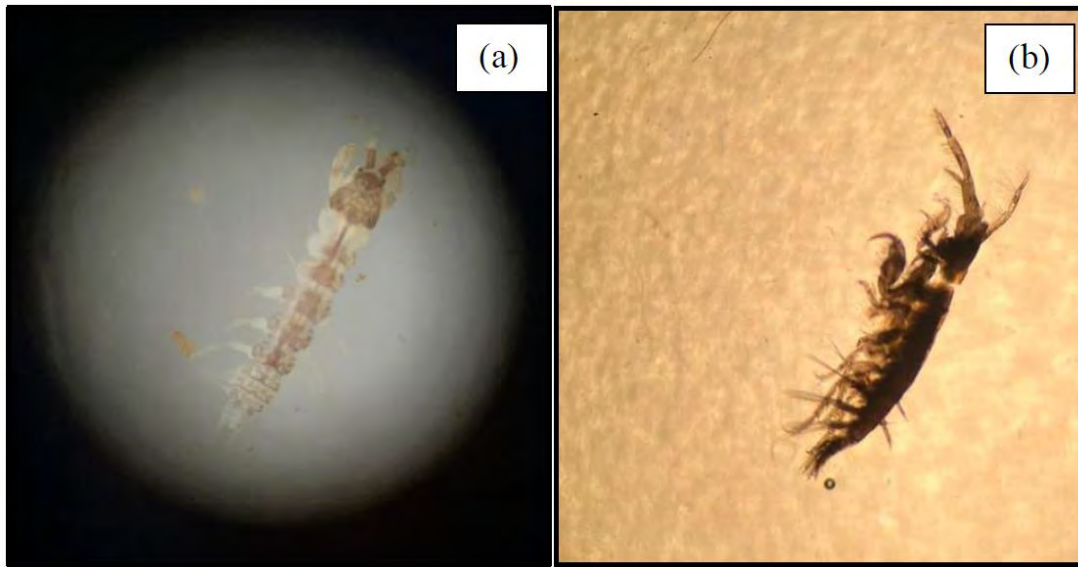


Figura 28 - Fotografía de (a) Zeuco sp. y (b) Ischyrocerus sp. encontrados en la muestra 1 de la red T1.



✓ **Muestra 2**

Tamaño: 33x 10 cm

Área: 330 cm

Porcentaje de cobertura total: 60% *Mytilus sp.*

Tabla 10 - Resultado de los organismos encontradas en la muestra 2 de la malla T1.

Grupo taxonómico	Familia o Especie	Número de individuos
Bivalvia	<i>Mytilus sp.</i>	720
Amphipoda	<i>Ischyrocerus sp.</i>	12
Amphipoda	<i>Jassa sp.</i>	1
Amphipoda	<i>Caprella equilibra</i>	2
Echinodermata	<i>Loxechinus albus (recluta)</i>	1
Decapoda	<i>Metacarcinus edwardsii</i>	1
	Total	732
	Riqueza específica	6
	Densidad (ind/cm²)	2,22

Figura 29 -Fotografía de la muestra 2 de la malla T1 con una cobertura del 60% de *Mytilus* sp.



Figura 30 - Imagen comparativa de los diferentes tamaños de bivalvos encontrados en la malla T1



Figura 31 - Fotografía de (a) *Ischyrocercus* sp. y (b) *Caprella equilibra* encontrados en la muestra 2 de la malla T1

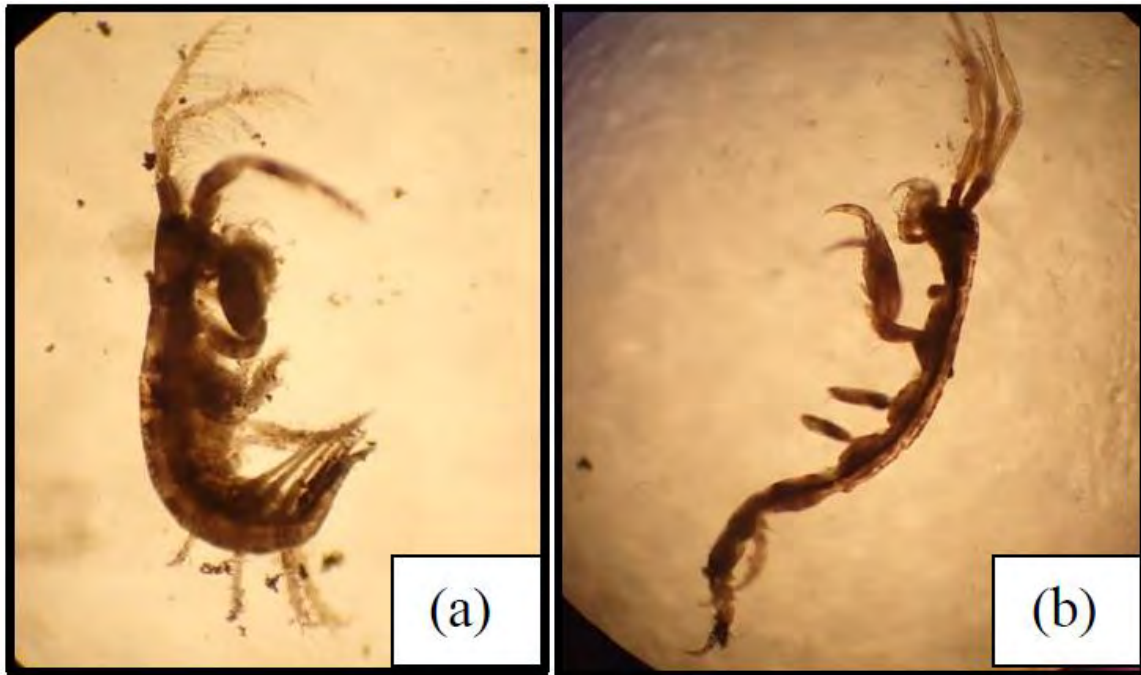


Figura 32 -Fotografía de (a) *Loxechinus albus* (recluta) encontrado en la muestra 2 de la malla T1

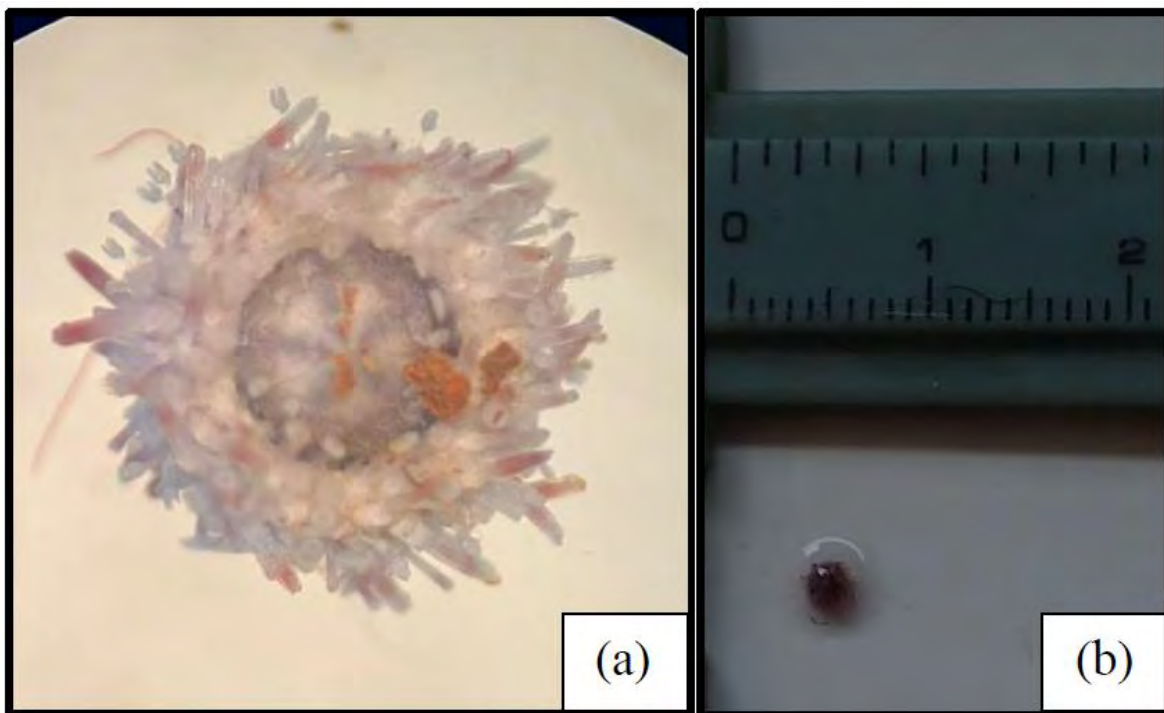


Figura 33 - Fotografía de *Metacarcinus edwardsii* encontrado en la muestra 2 de la malla T1



✓ **Muestra 3**

Tamaño: 35x 5 cm

Área: 175 cm²

Porcentaje de cobertura total: 65% *Mytilus sp.*

Tabla 11 -Resultado de los organismos encontradas en la muestra 3 de la malla T1.

Grupo taxonómico	Familia o Especie	Número de individuos
Bivalvia	<i>Mytilus sp.</i>	145
Amphipoda	<i>Ischyrocerus sp.</i>	5
	Total	150
	Riqueza específica	2
	Densidad (ind/cm²)	0,86

✓ **Muestra 4**

Tamaño: 20 x 4 cm

Área: 80 cm²

Porcentaje de cobertura total: 50% *Mytilus sp.*

Tabla 12 - Resultado de los organismos encontradas en la muestra 4 de la malla T2.

Grupo taxonómico	Familia o Especie	Número de individuos
Bivalvia	<i>Mytilus sp.</i>	142
	Total	145
	Riqueza específica	1
	Densidad (ind/cm²)	1,78

8.2.4.2 Red T2

✓ **Muestra 1**

Tamaño: 90x 18cm

Área: 1620 cm²

Porcentaje de cobertura total 70% *Mytilus sp.*

Tabla 13 - Resultado de los organismos encontradas en la muestra 1 de la malla T2.

Grupo taxonómico	Familia o Especie	Número de individuos
Bivalvia	<i>Mytilus sp.</i>	3701
Amphipoda	<i>Ischyrocerus sp.</i>	41
Amphipoda	<i>Orchomenella sp.</i>	6
Amphipoda	<i>Caprella equilibra</i>	8
Gastropoda	<i>Siphonaria sp.</i>	2
	Total	3758
	Riqueza específica	5
	Densidad (ind/cm²)	2,28

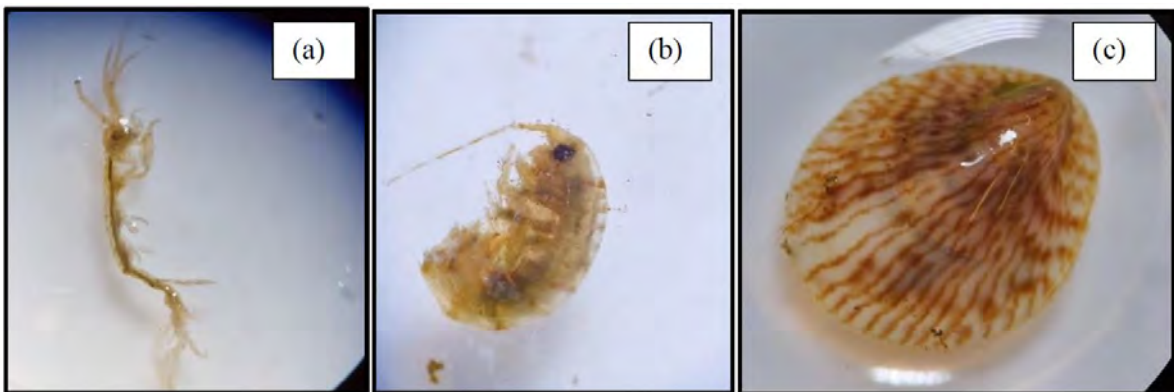
Figura 34- Fotografía de la muestra 1 de la malla T2 con una cobertura del 70% de *Mytilus* sp.



Figura 35 -Bivalvos clasificados morfológicamente para ser contabilizados.



Figura 36 - Fotografía de (a) *Caprella equilibra* (b) *Ochomenella* sp. y (c) *Siphonaria* sp. encontrados en la muestra 1 de la malla T2.



✓ **Muestra 2**

Tamaño: 90x 20 cm

Porcentaje de cobertura total 85% *Mytilus sp.*

Tabla 14- Resultado de los organismos encontradas en la muestra 2 de la malla T2.

Grupo taxonómico	Familia o Especie	Número de individuos
Bivalvia	<i>Mytilus sp.</i>	3993
Amphipoda	<i>Ischyrocerus sp.</i>	42
Tanaidacea	<i>Zeuco sp.</i>	4
Gastropoda	<i>Siphonaria sp.</i>	1
	Total	4040
	Riqueza específica	4
	Densidad (ind/cm²)	2,24

Figura 37 -Fotografía de la muestra 2 de la malla T2 con una cobertura del 85% de *Mytilus sp.*



Figura 38 -Imagen comparativa de los diferentes tamaños de bivalvos encontrados en la malla T2.



8.2.4.3 Red T5

✓ Muestra 1

Tamaño: 36x 36 cm

Área: 1296 cm²

Porcentaje de cobertura total 70% *Mytilus sp.*

Tabla 15- Resultado de los organismos encontradas en la muestra 1 de la malla T5

Grupo taxonómico	Familia o Especie	Número de individuos
Bivalvia	<i>Mytilus sp.</i>	883
Amphipoda	<i>Ischyrocerus sp.</i>	24
Amphipoda	<i>Ischyroceridae</i>	3
Tanaidacea	<i>Zeuco sp.</i>	2
Gastropoda	<i>Siphonaria sp.</i>	4
Bivalvia	<i>Aulacomya atra</i>	2
Polychaeta	<i>Nereididae</i>	2
	Total	920
	Riqueza específica	7
	Densidad (ind/cm²)	0,68

Figura 39 - Fotografía de la muestra 1 de la malla T5 con una cobertura del 70% de *Mytilus sp.*



Figura 40 -Imagen comparativa de los diferentes tamaños de bivalvos encontrados en la malla T5.



Figura 41 - Fotografía de (a) *Siphonaria* sp. y (b) *Aulacomya atra* encontrados en la malla T5.

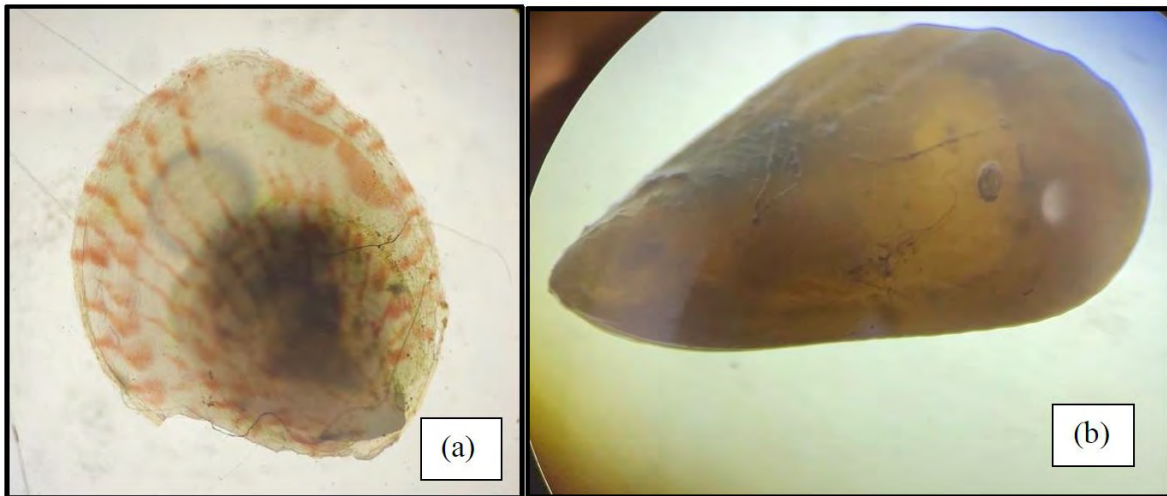


Figura 42 - Fotografía de un poliqueto de la familia Nereididae encontrado en la malla T5.



✓ **Muestra 2**

Tamaño: 36x 27 cm

Área: 972 cm²

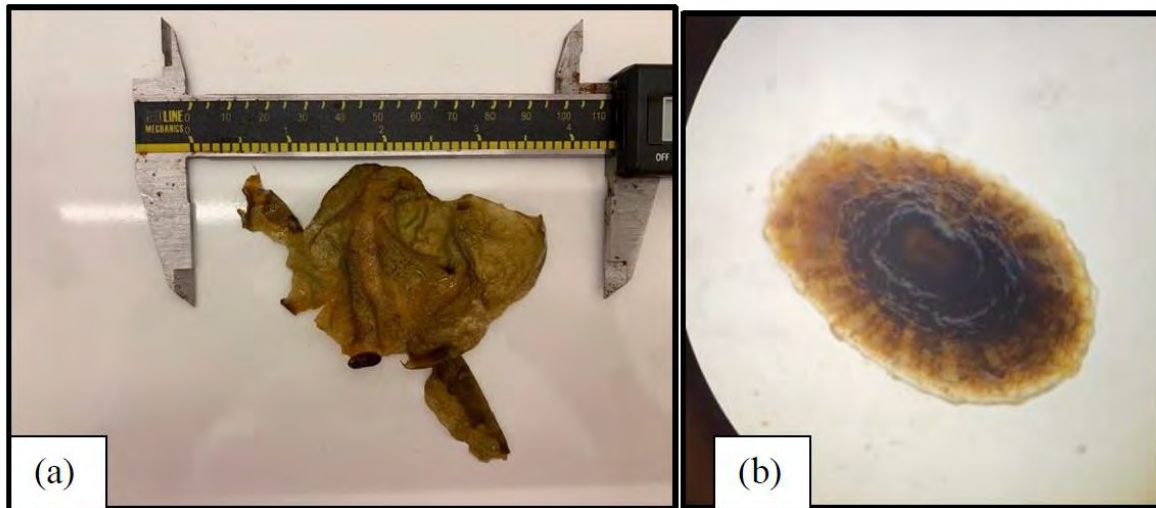
Tipo de malla: Lobera

Porcentaje de cobertura total 70% *Mytilus sp.* + 5% *Sarcopeltis skottbergii*

Tabla 16 - Resultado de los organismos encontradas en la muestra 2 de la malla T5

Grupo taxonómico	Especie	Número de individuos
Bivalvia	<i>Mytilus sp.</i>	690
Bivalvia	<i>Aulacomya atra</i>	5
Gastropoda	<i>Fisurrella sp.</i>	1
	Total	696
	Riqueza específica	3
	Densidad (ind/cm²)	0,72

Figura 43 -Fotografía de (a) *Sarcopeltis skottbergii* y (b) *Fisurella* sp. encontrados en la malla T5.



8.2.4.4 Resumen de los datos

La Tabla 17 junto con las Figuras 44 y 45 resumen los datos de abundancia y diversidad obtenidos durante el análisis e identificación taxonómica de macroorganismos incrustantes formadores de biofouling sobre tres tipos de mallas técnicas con uso en la industria de la acuicultura.

- Las tres redes estuvieron dominadas mayoritariamente por bivalvos *Mytilus* sp. Con ~97% de la presencia.
- La red con mayor densidad de especie fue la red T2 y con menor densidad fue la red T5.
- La mayor riqueza de especie se encontró en la red T1 y la red T5.

Tabla 17 -Diversidad promedio de macroincrustantes recuperados de las tres mallas técnicas de uso en la industria acuícola analizadas

Grupo taxonómico	Familia, Género o especie	Malla T1	Malla T2	Malla T5
Bivalvia	<i>Mytilus sp.</i>	1563	7694	1573
Bivalvia	<i>Aulacomya atra</i>	0	0	7
Amphipoda	<i>Ischyrocerus sp.</i>	22	83	24
Amphipoda	<i>Jassa sp.</i>	1	0	0
Amphipoda	<i>Ochomenella sp.</i>	0	6	0
Amphipoda	Ischyroceridae	0	0	3
Amphipoda	<i>Caprella equilibra</i>	1	8	0
Tanaidacea	<i>Zeuco sp.</i>	2	4	2
Gastropoda	<i>Siphonaria sp.</i>	2	3	4
Gastropoda	<i>Fisurella sp.</i>	0	0	1
Polychaeta	Nereididae	0	0	2
Echinodermata	<i>Laxechinus albus</i> (recluta)	1	0	0
Decapoda	<i>Metacarcinus edwardsii</i>	1	0	0
TOTAL		1593	7798	1616
Área total		1135	3420	2268
Riqueza específica		8	6	8
Densidad (ind/cm²)		1.404	2.280	0.713

Figura 44- Gráfico de abundancia total de especies por malla. La malla T2 presenta la mayor densidad de especies. Las mallas T1 y T5 presentan mayor riqueza de especies.

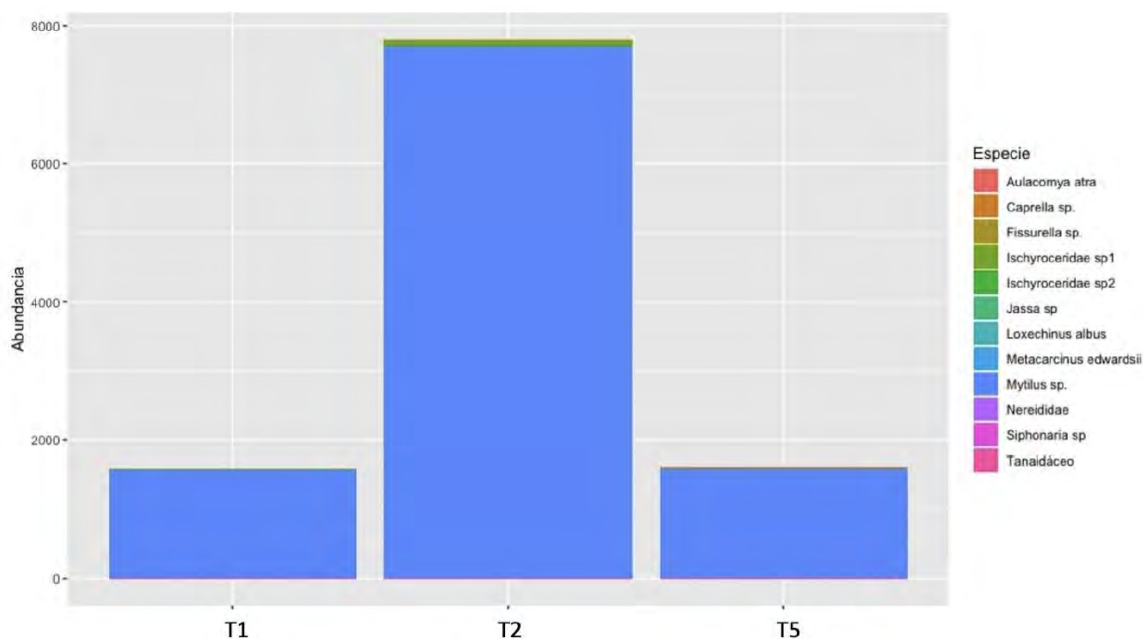
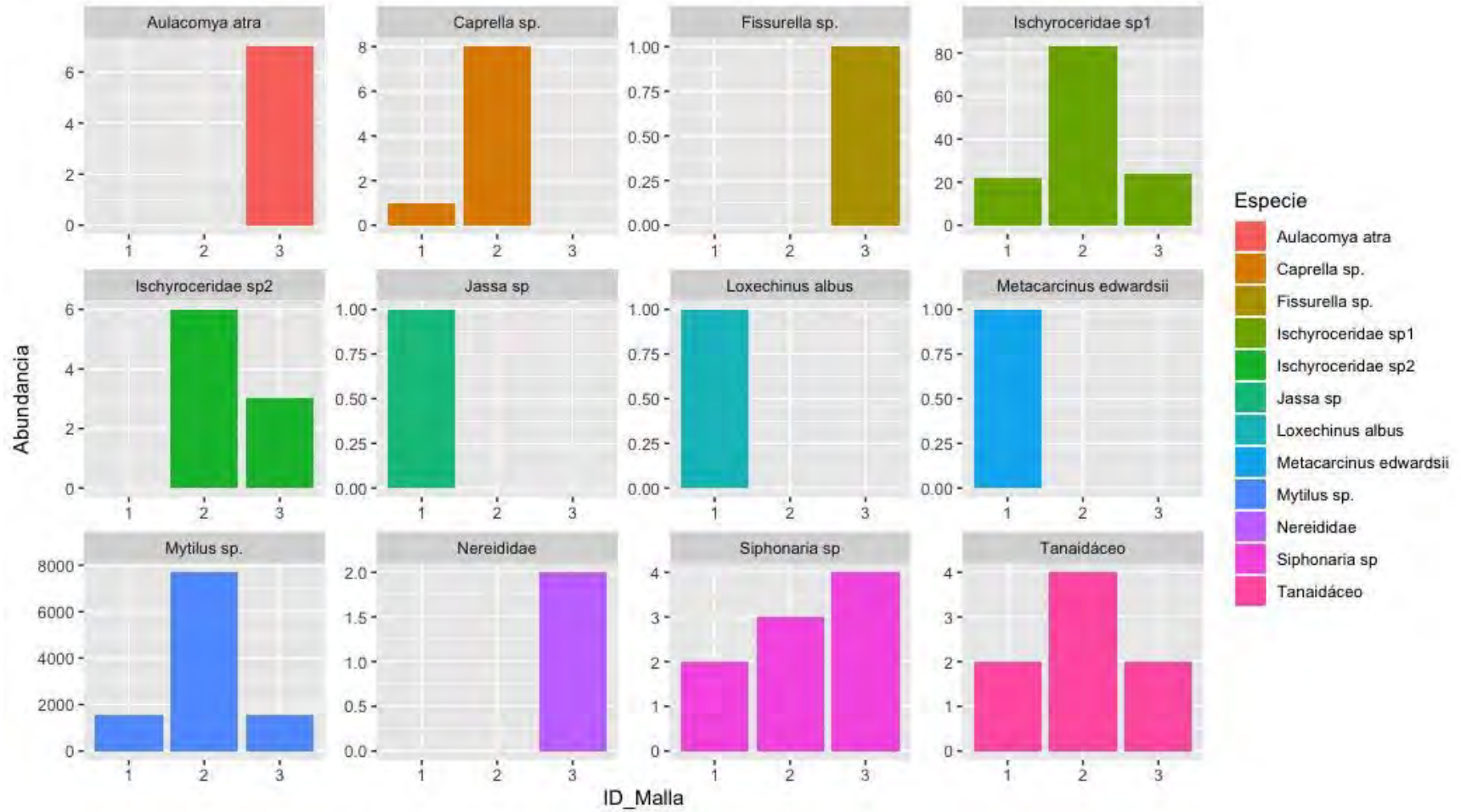


Figura 45 - Gráficos de abundancia de cada una de las 12 especies encontradas por red

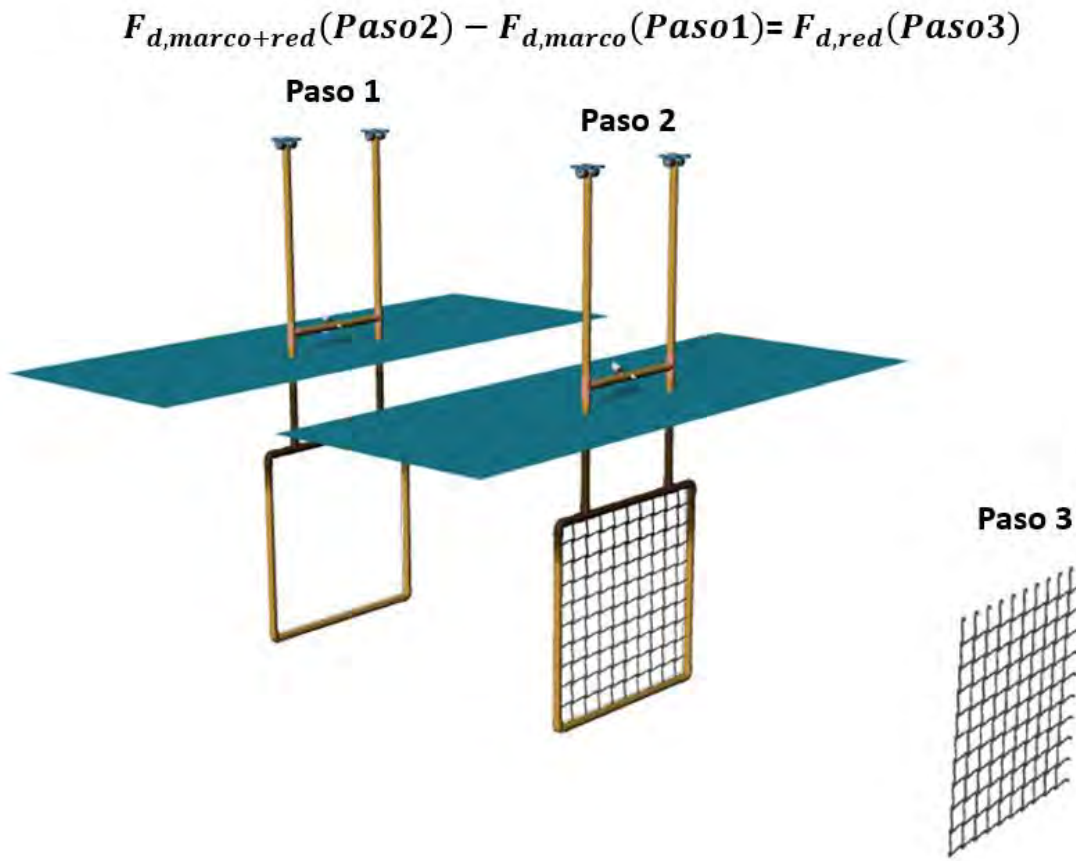


8.2.5 Estimación coeficientes de arrastre – Prueba experimental (canal de ensayo)

Los coeficientes de arrastre experimentales se obtuvieron tras realizar 150 ensayos que conforman la matriz de trabajo en este caso, se procede a la obtención de la fuerza total en el paño de red y su correspondiente coeficiente de arrastre. La metodología para la obtención de los resultados consiste en el análisis de las series de tiempo de cada medición, la cual luego se procesa para obtener el valor medio de las mediciones en un intervalo de tiempo adecuado en el cual el valor de la media móvil no presenta variaciones significativas. Esto para cada repetición en cada velocidad, con lo que el punto final de medición es el promedio de las tres mediciones para cada red. En el caso de las redes sucias con biofouling, no se ha realizado el promedio y se presenta cada punto, puesto que cada ensayo tiene condiciones diferentes debido a los cambios en el porcentaje de cobertura de cada paño de red.

Tanto para la condición de red limpia como para redes sucia, se debe determinar el valor de la resistencia del marco sin red (Paso 1), luego la resistencia del marco con la red (Paso 2) y, finalmente el valor de la resistencia de la red aislada (Paso 3). En cada velocidad evaluada (entre 0,3 y 1,5 m/s), se sustrae la resistencia del marco, de forma de obtener la resistencia de la red aislada (Figura 27). Para el caso de redes sucias, este tipo de información no aporta mayor valor por lo que, si bien se tiene la información, sólo se presentarán las curvas de velocidad versus coeficiente de arrastre. Esta metodología para los ensayos de redes y análisis de las señales de tiempo obtenidas de la celda de carga ha sido usada y validada en diversas publicaciones

Figura 46 -Metodología obtención carga sobre paño de red. Paso 1 ensayo marco aislado, paso 2 ensayo marco más red y paso 3 se sustrae la carga obtenida en el paso 1 a la carga obtenida en el paso 2 aislando el arrastre sobre la red



Lo anterior permite obtener la curva de resistencia total para los paños de red analizados, con dimensiones 0.435m x 0.445m que se presentan entre las Figuras 27 y Figura 32.

Figura 47 - Curva de resistencia total para el paño de red T1 de dimensiones 0.435m x 0,445m

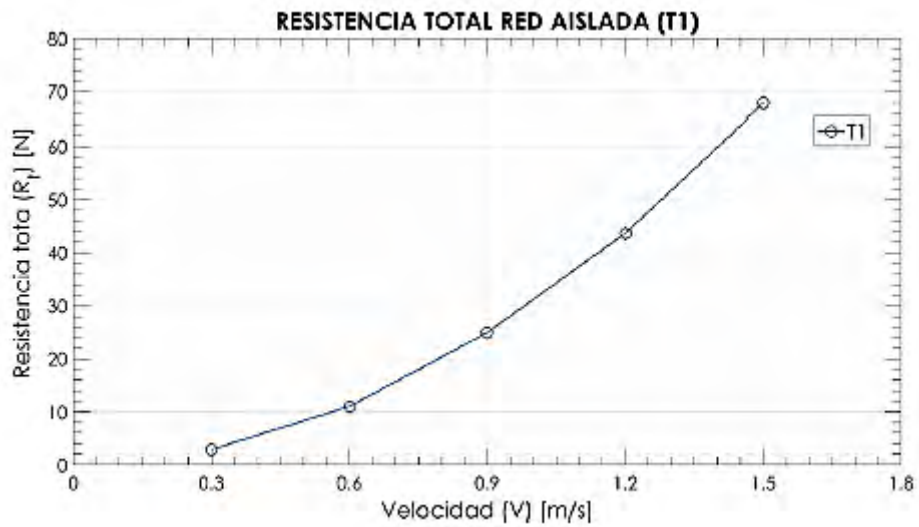


Figura 48 - Curva de resistencia total para el paño de red T2 de dimensiones 0.435m x 0,445m

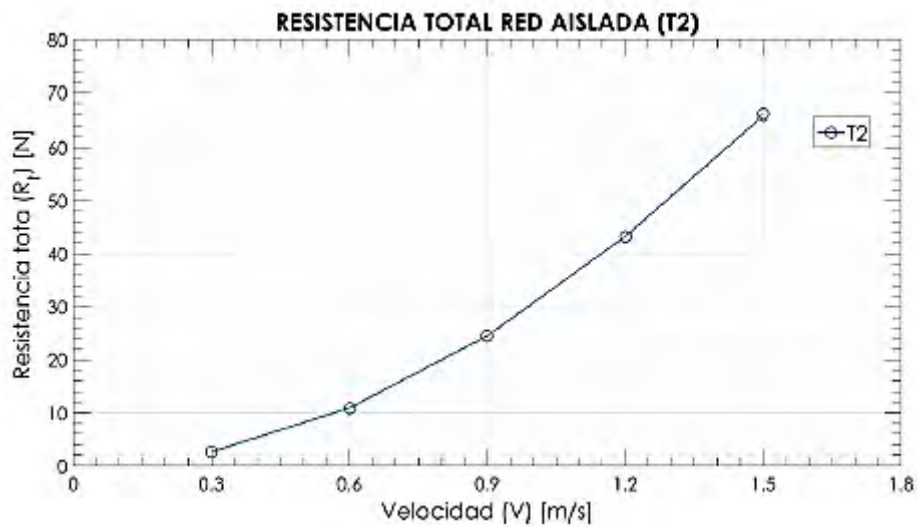


Figura 49 - Curva de resistencia total para el paño de red T3 de dimensiones 0.435m x 0,445m

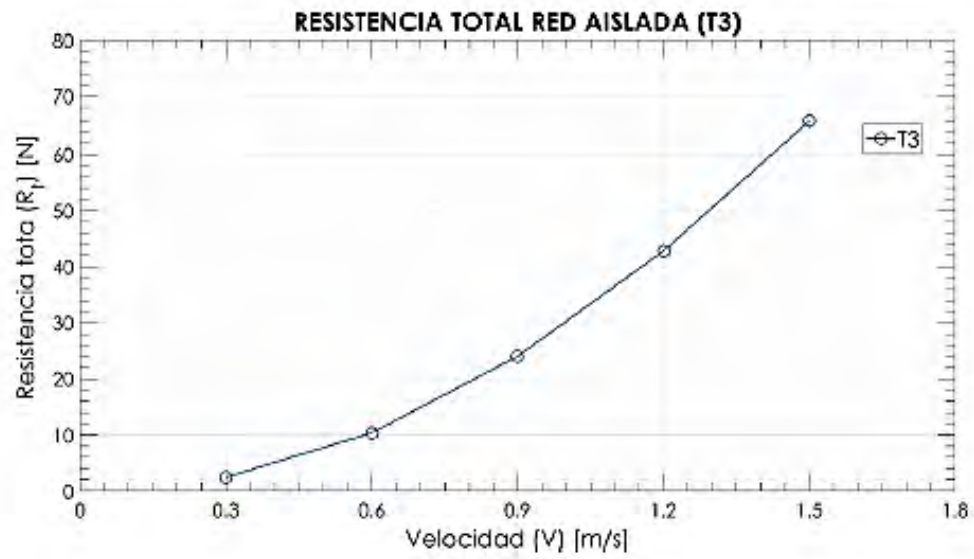


Figura 50 - Curva de resistencia total para el paño de red T4 de dimensiones 0.435m x 0,445m

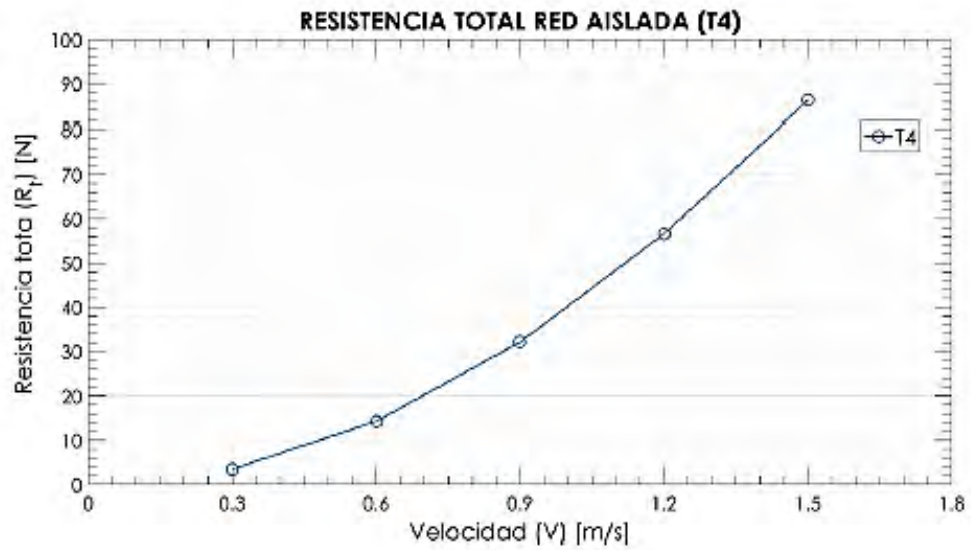
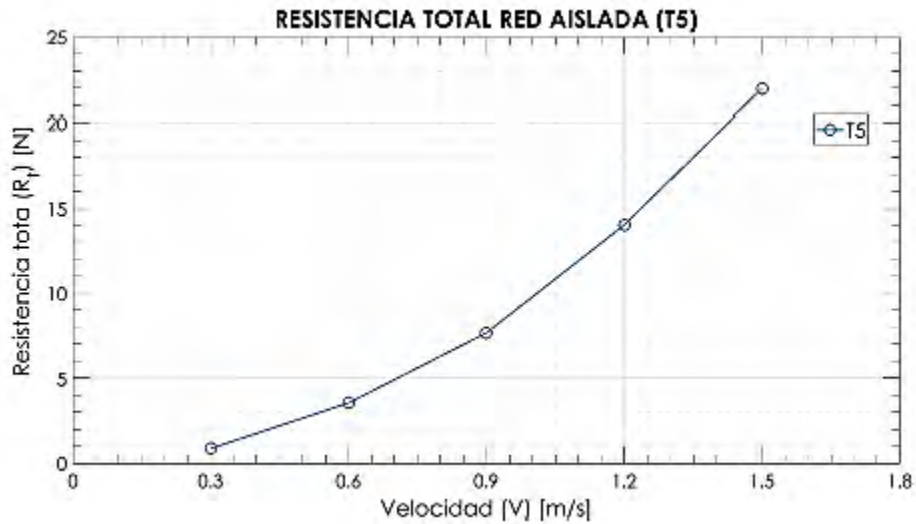


Figura 51 - Curva de resistencia total para el paño de red T5 de dimensiones 0.435m x 0,445m



Posteriormente, se evalúa el coeficiente de arrastre de la red, el cual permite normalizar el arrastre de cada red siendo el resultado independiente de las dimensiones del paño de red limpio y sucio. Primero, se presenta el coeficiente de arrastre en función del área proyectada de la red, es decir, se considera la proyección ortogonal de todos los elementos de la red, con lo que la expresión para la obtención del coeficiente de arrastre corresponde a la Ecuación y cuyo resultado se observa en la Figura 52.

$$C_d = \frac{R_t}{0,5\rho A_p V^2}$$

Donde:

C_d : coeficiente de arrastre.

R_t : resistencia total del paño de red aislada de las dimensiones indicadas previamente (N).

ρ : densidad del agua (999 kg/m³).

A_p : área proyectada de la red (Sn*Área del marco).

V : velocidad del ensayo (m/s).

En este contexto, los resultados de coeficiente de arrastre de la Figura 52 se describen detalladamente en las Tablas 17 y Tabla 18

Figura 52 -Curva de coeficientes de arrastre para las redes sucias en estudio en función del área proyectada del paño de red y su comparación con los datos obtenidos en redes limpias

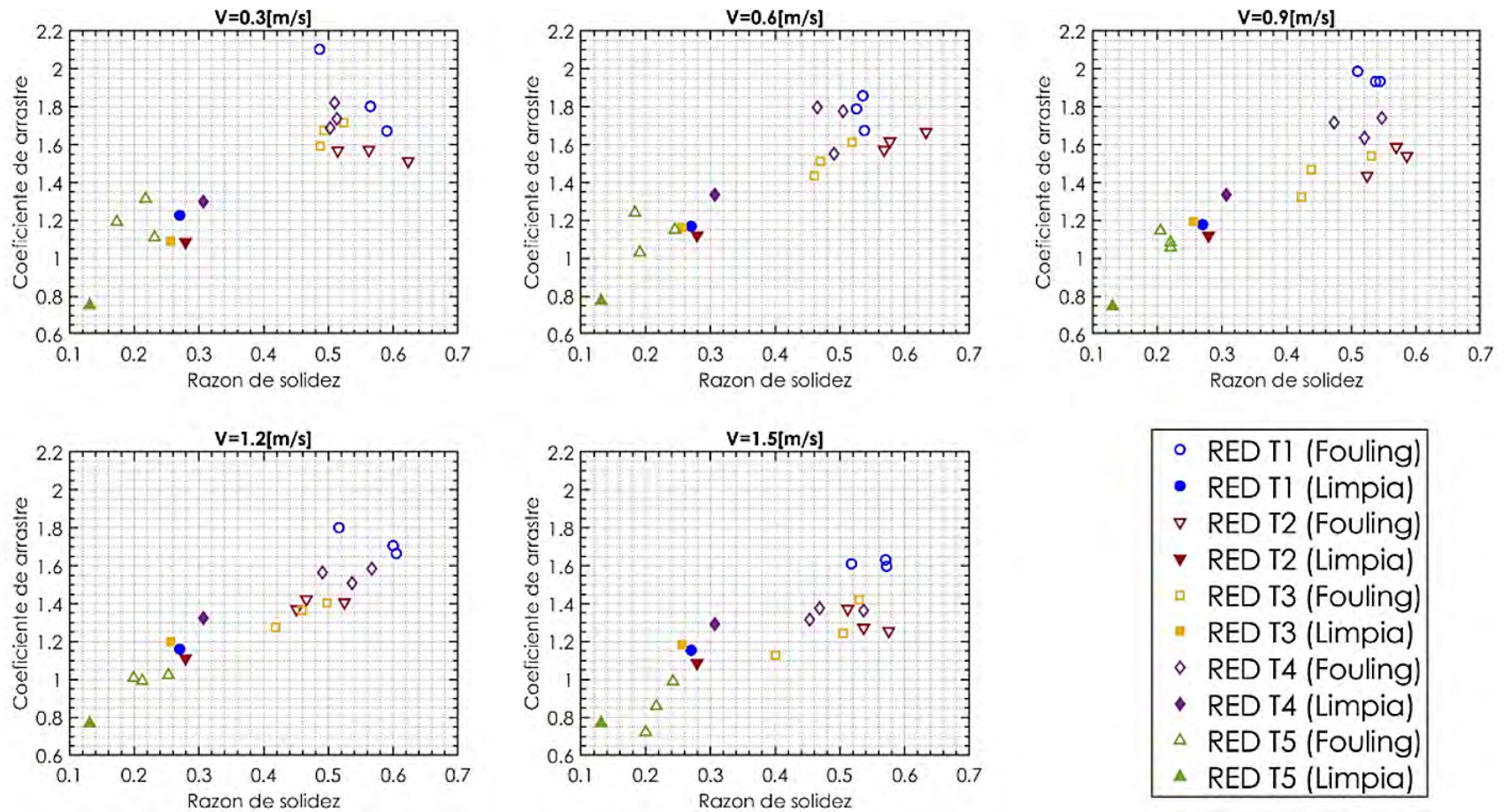


Tabla 18 - Resistencia total y coeficiente de arrastre redes en estudio de redes limpias

Red	Velocidad (m/s)	R_t	C_d: Área proyectada
T1	0.3	2,89	1,23
	0.6	11,00	1,17
	0.9	24,95	1,18
	1.2	43,66	1,16
	1.5	67,89	1,15
T2	0.3	2,64	1,09
	0.6	10,90	1,12
	0.9	24,52	1,12
	1.2	43,24	1,11
	1.5	66,01	1,09
T3	0.3	2,44	1,09
	0.6	10,37	1,16
	0.9	24,01	1,20
	1.2	42,79	1,20
	1.5	65,96	1,18
T4	0.3	3,47	1,30
	0.6	14,27	1,33
	0.9	32,16	1,34
	1.2	56,61	1,32
	1.5	86,37	1,29
T5	0.3	0,86	0,75
	0.6	3,54	0,78
	0.9	7,67	0,75
	1.2	14,03	0,77
	1.5	21,98	0,77

Tabla 19 - Resistencia total y coeficiente de arrastre redes en estudio de redes sucias (con bio-fouling)

Red	Velocidad (m/s)	Ensayo	R_t (N)	Estado proceso de imagenes	Razón de solidez	C_d Área proyectada
T1	0.3	1	8.59	Pre	0.60	1.65
				Post	0.58	1.69
		2	8.86	Pre	0.57	1.79
				Post	0.56	1.81
		3	8.90	Pre	0.47	2.17
				Post	0.50	2.04
	0.6	1	31.36	Pre	0.55	1.64
				Post	0.53	1.71
		2	34.64	Pre	0.54	1.85
				Post	0.53	1.87
		3	32.74	Pre	0.53	1.78
				Post	0.52	1.80
	0.9	1	82.43	Pre	0.55	1.92
				Post	0.54	1.95
		2	79.29	Pre	0.51	1.98
				Post	0.51	2.00
		3	81.38	Pre	0.55	1.90
				Post	0.53	1.97
	1.2	1	129.50	Pre	0.49	1.89
				Post	0.54	1.72
		2	140.22	Pre	0.61	1.65
				Post	0.60	1.68
		3	142.48	Pre	0.61	1.69
				Post	0.59	1.72
1.5	1	181.44	Pre	0.51	1.63	
			Post	0.52	1.59	
	2	198.80	Pre	0.58	1.58	

				Post	0.57	1.62
		3	202.56	Pre	0.57	1.64
				Post	0.57	1.62
T2	0.3	1	7.70	Pre	0.57	1.55
				Post	0.55	1.60
		2	7.03	Pre	0.52	1.56
				Post	0.51	1.58
		3	8.21	Pre	0.62	1.51
				Post	0.62	1.51
	0.6	1	36.73	Pre	0.64	1.65
				Post	0.62	1.69
		2	31.11	Pre	0.57	1.56
				Post	0.56	1.58
		3	32.49	Pre	0.59	1.59
				Post	0.57	1.65
	0.9	1	70.67	Pre	0.58	1.57
				Post	0.59	1.52
		2	70.79	Pre	0.57	1.58
				Post	0.57	1.60
		3	58.95	Pre	0.52	1.45
				Post	0.53	1.43
	1.2	1	102.80	Pre	0.54	1.38
				Post	0.51	1.44
		2	86.03	Pre	0.47	1.32
				Post	0.44	1.42
		3	92.28	Pre	0.47	1.42
				Post	0.47	1.42
1.5	1	157.10	Pre	0.60	1.21	
			Post	0.55	1.31	
	2	148.50	Pre	0.54	1.27	
			Post	0.53	1.28	

		3	152.91	Pre	0.52	1.34
				Post	0.50	1.40
T3	0.3	1	7.83	Pre	0.52	1.71
				Post	0.52	1.72
		2	7.20	Pre	0.49	1.69
				Post	0.50	1.66
		3	6.76	Pre	0.49	1.59
				Post	0.49	1.60
	0.6	1	29.16	Pre	0.52	1.60
				Post	0.52	1.63
		2	24.77	Pre	0.47	1.50
				Post	0.47	1.52
		3	23.04	Pre	0.46	1.44
				Post	0.46	1.44
	0.9	1	64.09	Pre	0.54	1.52
				Post	0.52	1.56
		2	50.29	Pre	0.43	1.48
				Post	0.44	1.45
		3	43.92	Pre	0.43	1.29
				Post	0.41	1.36
	1.2	1	87.19	Pre	0.48	1.32
				Post	0.44	1.42
		2	97.43	Pre	0.51	1.37
				Post	0.48	1.45
		3	74.30	Pre	0.42	1.26
				Post	0.41	1.29
1.5	1	163.85	Pre	0.53	1.42	
			Post	0.53	1.42	
	2	136.55	Pre	0.50	1.26	
			Post	0.51	1.23	
	3	98.31	Pre	0.42	1.08	

				Post	0.38	1.18
T4	0.3	1	7.38	Pre	0.49	1.72
				Post	0.51	1.65
		2	7.75	Pre	0.52	1.70
				Post	0.50	1.77
		3	8.08	Pre	0.52	1.77
				Post	0.50	1.87
	0.6	1	26.53	Pre	0.49	1.54
				Post	0.49	1.56
		2	29.09	Pre	0.46	1.83
				Post	0.47	1.76
		3	31.27	Pre	0.49	1.84
				Post	0.52	1.72
	0.9	1	63.73	Pre	0.49	1.68
				Post	0.46	1.76
		2	66.64	Pre	0.52	1.64
				Post	0.52	1.64
		3	74.64	Pre	0.55	1.73
				Post	0.54	1.76
	1.2	1	112.51	Pre	0.53	1.53
				Post	0.54	1.49
		2	125.01	Pre	0.58	1.55
				Post	0.56	1.62
		3	106.83	Pre	0.50	1.54
				Post	0.48	1.59
1.5	1	129.55	Pre	0.47	1.28	
			Post	0.44	1.35	
	2	140.28	Pre	0.48	1.34	
			Post	0.46	1.41	
	3	159.51	Pre	0.54	1.36	
			Post	0.54	1.37	

T5	0.3	1	2.24	Pre	0.23	1.13
				Post	0.23	1.10
		2	2.49	Pre	0.22	1.32
				Post	0.22	1.31
		3	1.80	Pre	0.17	1.18
				Post	0.17	1.20
	0.6	1	6.86	Pre	0.19	1.02
				Post	0.19	1.05
		2	7.93	Pre	0.18	1.25
				Post	0.18	1.24
		3	9.83	Pre	0.24	1.16
				Post	0.25	1.15
	0.9	1	18.30	Pre	0.22	1.04
				Post	0.22	1.08
		2	18.73	Pre	0.22	1.08
				Post	0.22	1.08
		3	18.40	Pre	0.20	1.16
				Post	0.21	1.13
	1.2	1	29.37	Pre	0.22	0.97
				Post	0.21	1.01
		2	36.05	Pre	0.25	1.02
				Post	0.25	1.03
		3	27.98	Pre	0.20	1.00
				Post	0.20	1.01
1.5	1	31.45	Pre	0.20	0.71	
			Post	0.20	0.74	
	2	40.41	Pre	0.23	0.82	
			Post	0.21	0.90	
	3	52.16	Pre	0.25	0.97	
			Post	0.24	1.02	

Como referencia a los resultados descritos anteriormente, se incluyen datos previamente publicados para una serie de redes usadas en acuicultura y que corresponden a la publicación del 2011 en la revista Ocean Engineering Characterization of geometry and normal drag coefficients of copper nets, Igor Tsukrov, Andrew Drach, Judson DeCew, M. Robinson Swift, Barbaros Celikkol, en la cual se presentan los resultados experimentales para las distintas redes (ver Figura 53 y Figura 54). Es posible ver que los resultados acá obtenidos son similares a los de las redes de nylon presentados.

Figura 53 - Datos de redes en literatura técnica

Table 1
Net panels analyzed for hydrodynamic performance.

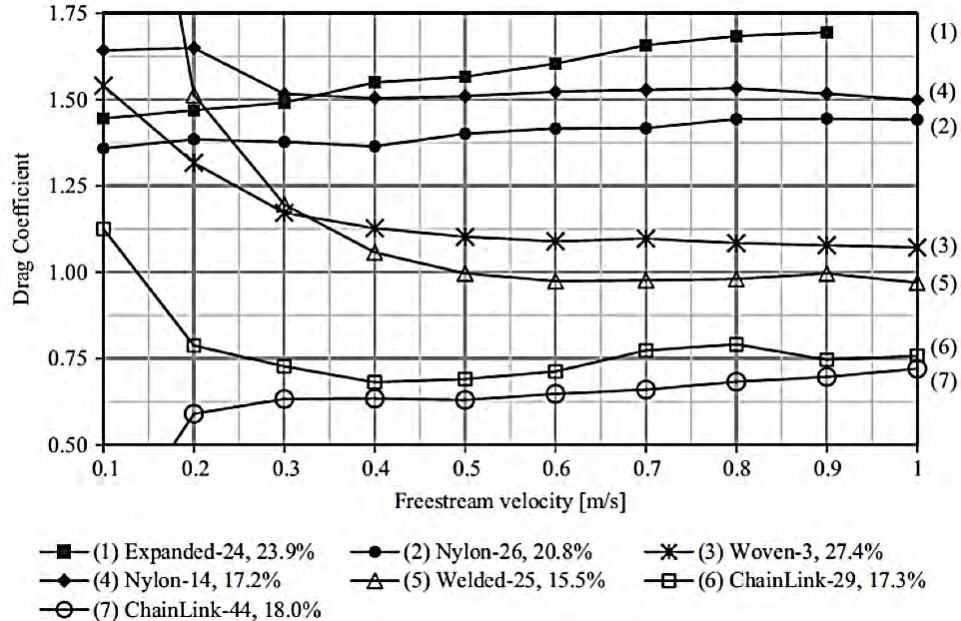
Nomination	Netting material	Mesh type	Manufacturer	Mesh dimensions	Twine diameter	Analytical solidity (%)
Nylon-14	Nylon	Rectangular knotless	NET Systems, Inc.	14.00 × 13.50 mm ²	1.24 mm	17.2
Nylon-26	Nylon	Rectangular knotless	NET Systems, Inc.	25.58 × 26.16 mm ²	2.85 mm	20.8
Woven-3	Silicon-Bronze (SeaWire™)	Rectangular knotless	Luvata Appleton	3.11 × 3.55 mm ²	0.49 mm	27.4
Welded-25	Silicon-Bronze (SeaWire™)	Rectangular knotless	Luvata Appleton	25.45 × 25.4 mm ²	2.05 mm	15.5
ChainLink-29	Yellow Brass (UR30)	Chain-link diamond	Southwestern Wire, Inc.	20 × 25 diamonds ^a 29.5 mm bar length	2.50 mm	17.3
ChainLink-44	Yellow Brass (UR30)	Chain-link diamond	CODELCO	14 × 15.5 diamonds ^a 44.5 mm bar length	4.00 mm	18.0
Expanded-24	Copper-Nickel Alloy	Flattened expanded	Expanded Solutions LLC	15.11 × 30.48 × 11.68 × 25.91 ^b mm ⁴	1.63 ^c mm	23.9

^a The number of diamonds for 0.915 × 0.935 m² net panel (Fig. 4b).

^b Parameters are given in the order $W_o \times L_o \times W_i \times L_i$ (Fig. 4c).

^c Strand width is $d=1.63$ mm and strand thickness is $t=0.81$ mm.

Figura 54 -Coeficientes de arrastre para redes similares a las redes en estudio



La determinación experimental de la fuerza de arrastre en las redes analizadas es posible observar que poseen un coeficiente de arrastre en el rango esperado para redes limpias, cuyos valores concuerdan con el rango de valores de la literatura para redes de Nylon con geometrías similares. Lo relevante del estudio es que se confirma que los valores de coeficientes de arrastre no presentan variaciones significativas una vez se alcanzan velocidades superiores a los 0.3 m/s, manteniéndose estable hasta los valores estudiados de 1.5 m/s, velocidad que representa una corriente superior a 3

nudos. Esto entrega por vez primera la certeza en los valores de coeficiente de arrastre para los tipos de redes en condición limpia más usadas en la industria nacional, pudiendo ser usados en las memorias de cálculo para la determinación de cargas globales en condición de centro con redes sin presencia de biofouling.

En cuanto a los datos obtenidos para redes con presencia de biofouling, es posible observar que la razón de solidez es cercana al doble del valor en condición de red limpia. Estos valores de razón de solidez inducen coeficientes de arrastre que presentan un aumento entre 1.5 y 2.25 veces el valor obtenido en condición de red limpia, dependiendo de la geometría de la red y el régimen de flujo en el cual se han estudiado. Esto es superior a lo que actualmente se considera en el cálculo de acuerdo con la Res. Ex. 1821 en donde se asume un aumento del 50% en el área proyectada de la red para simular el efecto del biofouling en la red. Lo anterior implica cargas significativas sobre el sistema, por lo que se ratifica la necesidad de mantención permanente en las redes, ya que, de acuerdo con la información aquí obtenida, el incremento de carga es significativo y en algunos casos, superior al que se obtiene al incluir los coeficientes de seguridad indicados en la normativa nacional e internacional.

8.2.6 Estimación Coeficientes de arrastre - formulaciones empíricas

Los valores de coeficiente de arrastre a usar en la formulación de Morison deben ser determinados para cada tipo de red a distintas velocidades de flujo, sin embargo, las ecuaciones empíricas solo contemplan la geometría de la red, es por esto que se opta por usar los valores obtenidos en el estado del arte, por ejemplo, el estudio realizado por la Universidad de Nuevo Hampshire, Estados Unidos, presentado el año 2011 titulado Characterization of geometry and normal drag coefficients of copper nets, determinan los coeficientes de arrastre de dos redes de nylon con valores de solidez de 17 y 20% lo que corresponde a redes peceras típicas usadas en centros de cultivo. Los valores para el coeficiente de arrastre en dicho estudio varían entre 1.3 y 1.5 por lo que se recomienda usar un valor de C_d de 1.4 para redes limpias. En este contexto, y para este estudio en particular, se presentan los coeficientes de arrastre empíricos (Tabla 19) para las diferentes redes evaluadas (T1 a T5) respecto a las diferentes ecuaciones presentadas en la metodología.

Tabla 20 - Coeficientes de arrastre empíricos para cada red estudiada (T1 a T5)

Coeficientes de arrastre				
Red	Milne, 1972	Tsukrov et al., 2003	Zhan et al., 2006	Balash et al., 2009
T1	1,69	1,23	2,57	2,06
T2	1,46	1,23	2,57	2,06
T3	1,35	1,23	2,53	1,96
T4	1,28	1,23	2,64	2,24
T5	1,12	1,23	2,30	1,45

8.2.7 Estimación Coeficientes de arrastre - modelo numéricos

Red	Velocidad (m/s)	Ansys Fluent (sin fouling)		Aquasim (sin fouling)		Aquasim (con fouling)	
		R _{red} [N]	C _d	R _{red} [N]	C _d	R _{red} [N]	C _d
T1	0.3	4,3	1,23	2,68	1,07	12,95	5,16
	0.6	11,05	1,17	11,3	1,12	40,86	4,06
	0.9	32,32	1,18	25,36	1,12	87,39	3,86
	1.2	41,66	1,16	44,31	1,10	118,77	2,95
	1.5	62,23	1,15	67,72	1,08	193,35	3,08
T2	0.3	4,08	1,12	2,84	1,10	11,51	4,44
	0.6	15,37	1,07	11,9	1,15	57,05	5,50
	0.9	34,03	1,06	26,67	1,14	97,64	4,18
	1.2	41,7	1,07	46,52	1,12	143,51	3,46
	1.5	65,01	1,07	71,03	1,09	269,08	4,15
T3	0.3	3,89	1,11	2,44	1,09	9,39	3,94
	0.6	10,17	1,12	10,4	1,16	36,4	3,82
	0.9	23,43	1,14	23,86	1,20	84,23	3,93
	1.2	45,29	1,16	42,16	1,20	114,33	3,00
	1.5	64,87	1,17	64,76	1,18	208,44	3,50
T4	0.3	6,05	1,44	3,26	1,17	8,29	2,97
	0.6	22,86	1,36	13,49	1,21	32,36	2,89
	0.9	48,85	1,29	30,03	1,19	69,7	2,77
	1.2	68,23	1,28	52,19	1,17	138,31	3,09
	1.5	85,05	1,29	79,53	1,14	166,15	2,38
T5	0.3	1,26	0,76	0,77	0,64	2,01	1,65
	0.6	4,05	0,79	3,52	0,72	6,38	1,31
	0.9	7,82	0,76	8,44	0,77	18,45	1,68
	1.2	13,93	0,77	15,4	0,79	32,6	1,67
	1.5	22,78	0,77	24,27	0,80	43,86	1,44

8.2.8 Discusión resultados coeficientes de arrastres

La determinación experimental y numérica de la fuerza de arrastre en las redes analizadas son similares entre sí en las redes limpias, observando un rango esperado y/o similares (Tabla 21) al estado del arte, cuyos valores concuerdan con el rango de valores de la literatura para redes de Nylon con geometrías similares. Lo relevante del estudio es que se confirma que los valores de coeficientes de arrastre no presentan variaciones significativas una vez que alcanzan velocidades superiores a los 0.3 m/s, manteniéndose estable hasta los valores estudiados de 1.5 m/s, velocidad que representa una corriente superior a 3 nudos. Esto entrega por vez primera la certeza en los valores de coeficiente de arrastre para los tipos de redes en condición limpia más usadas en la industria nacional, pudiendo ser usados en las memorias de cálculo para la determinación de cargas globales en condición de centro con redes sin presencia de biofouling.

En cuanto a los datos obtenidos para redes con presencia de biofouling (Tabla 21), es posible observar en la prueba experimental que la razón de solidez es cercana al doble del valor en condición de red limpia. Estos valores de razón de solidez inducen coeficientes de arrastre que presentan un aumento entre 1.5 y 2.25 veces el valor obtenido en condición de red limpia, dependiendo de la geometría de la red y el régimen de flujo en el cual se han estudiado, sin embargo, en el modelo numérico Aquasim incrementa hasta 4 veces el coeficiente de arrastre, siendo diferentes a los resultados de la prueba experimental. Estas diferencias se pueden deber a la rugosidad de la superficie, otros componentes de incrustaciones marinas tales como la tasa de cobertura de la superficie, las especies de bioincrustaciones y la agregación, afectando significativamente en los coeficientes de fuerza hidrodinámica (Schoefs et al. 2022), particularmente a números de Reynolds más altos (Re). Los artículos científicos muestran que la incertidumbre sobre el biofouling en sí es significativa y afecta la evaluación de la fiabilidad. Ese es particularmente el caso cuando se evalúa la rugosidad a partir de inspecciones in situ (Byrne et al., 2018 – Byrne et al., 2020). En vista de lo anterior, es necesario considerar también que el coeficiente de arrastre depende del número de Reynolds, relación de solidez, material de la red, relación de suspensión, patrón estructural, rugosidad de superficie, arreglos de hebras, ángulos de ataque del flujo, configuración y deformación de la red (Tsukrov et al., 2011, Cha et al., 2013, Gansel et al., 2018).

Los coeficientes de arrastre obtenidos con fouling (Tabla 21) son superior a lo que actualmente se considera en el cálculo de acuerdo con la Res. Ex. 1821 en donde se asume un aumento del 50% en el área proyectada de la red para simular el efecto del biofouling en la red. Lo anterior implica cargas significativas sobre el sistema, por lo que se ratifica la necesidad de mantención permanente en las redes, ya que, de acuerdo con la información aquí obtenida, el incremento de carga es significativo y en algunos casos, superior al que se obtiene al incluir los coeficientes de seguridad indicados en la normativa nacional e internacional.

Respecto a los coeficientes de arrastre empíricos (Tabla 21) se puede deducir que sobreestiman los valores respecto a los obtenidos en la prueba experimental y modelos numéricos, sin embargo, son similares a los rangos de los coeficientes de arrastre con fouling obtenidos en la prueba experimental. En términos técnicos, no es recomendable utilizar las formulaciones empíricas para obtener el coeficiente de arrastre para la memoria de cálculo de fondeo. Es recomendable realizar las pruebas en modelos numéricos o demostrar a través de estudios los potenciales números a utilizar.

Tabla 21 - Coeficientes de arrastre para las diferentes redes de cultivo (T1 a T5)

Red	Velocidad (m/s)	Sin fouling						Con fouling		
		Prueba experimental	Modelos numéricos		Formulaciones empíricas				Prueba experimental	Modelo numérico
		Canal de ensayo.	Ansys Fluent	Aquasim	Milne, 1972	Tsukrov et al., 2003	Zhan et al., 2006	Balash et al., 2009	Canal de ensayo	Aquasim
		Rango C_d	Rango C_d	Rango C_d	C_d	C_d	C_d	C_d	Rango C_d	Rango C_d
T1	0.3 -1.5	[1,23 – 1,15]	[1,23 – 1,15]	[1,07– 1,12]	1,69	1,23	2,57	2,06	[1,69 – 2,64]	[5,16 – 2,95]
T2	0.3 -1.5	[1,12 – 1,09]	[1,02 – 1,07]	[1,12 – 1,09]	1,46	1,23	2,57	2,06	[1,27 – 1,62]	[5,50 – 3,46]
T3	0.3 -1.5	[1,09 – 1,20]	[1,11 – 1,16]	[1,09 – 1,20]	1,35	1,23	2,53	1,96	[1,23 – 1,72]	[3,94 – 3,00]
T4	0.3 -1.5	[1,29 – 1,32]	[1,44 – 1,29]	[1,17 – 1,21]	1,28	1,23	2,64	2,24	[1,36 – 1,72]	[3,09 – 2,38]
T5	0.3 -1.5	[0,75– 0,78]	[0,76– 0,77]	[0,64– 0,80]	1,12	1,23	2,30	1,45	[1,13– 0,73]	[1,67 – 1,31]

8.3 Resultados OE3: Identificar los elementos técnicos a considerar para la extensión de vida útil de las redes.

Para el cumplimiento del desarrollo del objetivo específico 3, se levantó información a partir de entrevistas a los actores principales de las redes de cultivos (salmoneros, productores y talleres de redes) con preguntas semiestructuradas que permitieron mantener una conversación y discusión fluida con el entrevistado y por ende obtener información que pueda ser más profunda o amplia de lo que se puede establecer en el marco de un set de preguntas estructuradas. Esta información permitió identificar las redes más utilizadas en las industrias, las prácticas, tendencias y línea productiva (desde su fabricación a su disposición final) que tiene este activo en la cadena de valor de la salmonicultura en la engorda. Además, permitió identificar los elementos claves de la realidad chilena para aplicarlos en una normativa pronto a implementarse que permita identificar los elementos técnicos a considerar para la extensión de la vida útil utilizados actualmente y por otra parte incrementar la seguridad ante escapes de peces. Estos elementos claves están sujetos a la experiencia, normativas internacionales y línea productiva actual de las redes de cultivo. En este contexto, a continuación, se presenta la situación actual por las cuales pasa una red de confinamiento y red lobera en su ciclo de vida y las certificaciones o documentos requeridos según la R Ex 1821 y sus modificaciones. Finalmente se entrega un resumen de las respuestas obtenidas en dichas entrevistas.

8.3.1 Ciclo de vida de una red y los certificados y documentos exigidos por la R Ex 1821 y sus modificaciones.

Durante el ciclo de vida de una red de confinamiento y red lobera, existe un procedimiento que se da en la industria, donde la empresa salmonera (usuaria) realiza una solicitud de paños a un proveedor de paños de red. Posteriormente estos paños pasan a un taller de redes donde se fabrican las redes de contención o redes loberas para posteriormente ser entregadas a la empresa usuaria, quien hará uso en un ciclo de cultivo o parte de un ciclo de cultivo, momento en el cual la empresa usuaria, realiza una individualización de la red a través de un código único, el cual es instalado en la misma red a través de crotales, código QR, u otro. Una vez utilizada la red en el cultivo, la empresa usuaria envía las redes a un taller de redes donde se realiza una mantención que permite ser nuevamente utilizadas extendiendo la vida útil, o bien, si estas redes ya se encuentran muy dañadas, toman la decisión de darlas de baja en función al análisis de tensiometría y/o inspección visual de las redes. Adicionalmente, la R Ex 1821 y sus modificaciones, establecieron en el numeral 47 que “*el fabricante de la red deberá emitir un documento que permita la trazabilidad y que contenga las especificaciones técnicas de la red, entre las cuales deberán incluir, que cumple con la resistencia mínima exigida, fecha de fabricación y vida útil de la red*”. Además, en el numeral 48 se detalla que “*el taller u otro prestador de servicio deberá emitir un certificado que acredite que la red puede ser utilizada por los 12 meses siguientes*” en función a los resultados de resistencia de la red (tensiometría).

Dado lo anterior, se presenta un diagrama donde se detalla el actual funcionamiento del sistema y los documentos requeridos en la R Ex 1821 y sus modificaciones (Figura 55).

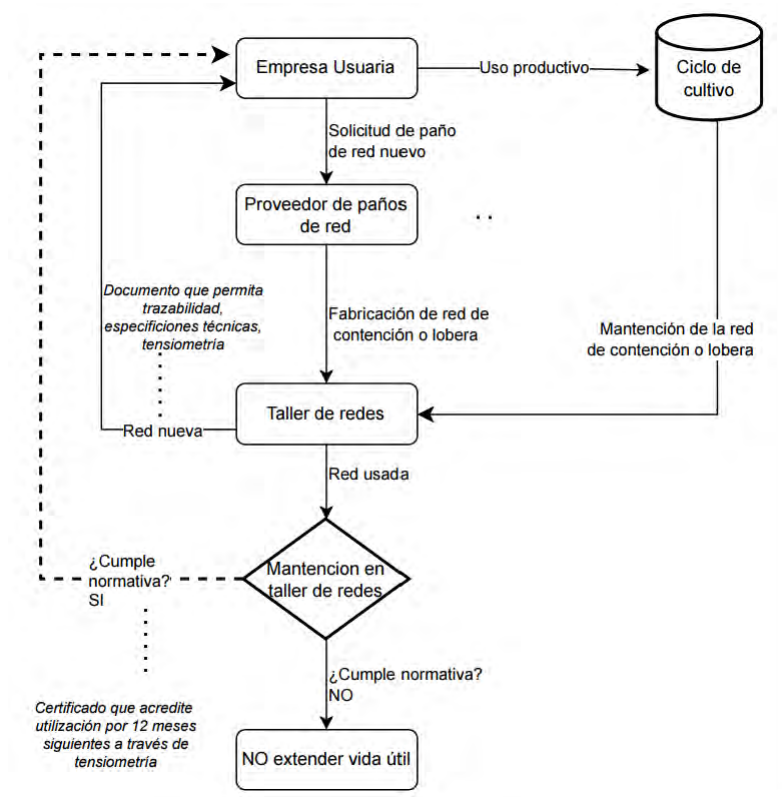


Figura 55: Diagrama del ciclo de vida de una red y los certificados y documentos exigidos por la R Ex 1821 y sus modificaciones.

8.3.2 Resumen de respuestas obtenidas en entrevistas

Pregunta 1: Respecto a la caracterización de redes loberas y peceras.

a. ¿Cuáles son las principales redes utilizadas para el confinamiento de peces y para antidepredadores marinos?

Tabla 22 - Caracterización redes peceras en la etapa de recepción

11 respuestas	Red pecera recepción			
Materialidad	Poliamida (PA)	Poliéster (PES)	Polietileno (PE)	Otro
Menciones (cantidad de veces mencionada)	6	5	3	3 Dynnema
Resistencia Max (kgf)	100-120	90-150	100	
Titulación del hilo	210 / 96-120	250/ 84-120	H440/30	
Tamaños de malla	1"			
	1,5"			
Tipo de construcción	Raschel			

Tabla 23 - Caracterización de la red pecera en etapa de engorda

11 respuestas	Red pecera engorda			
Materialidad	Poliamida (PA)	Poliéster (PES)	Polietileno (PE)	Otro
Menciones (cantidad de veces mencionada)	6	4	2	1 Dynnema
Resistencia Max (kgf)	120-200	100-120	190	
Titulación del hilo	210/ 120-200	250/ 96-120	H440/60	
Tamaños de malla	2"			
	2,5"			
Tipo de construcción	Raschel			

Tabla 24 - Caracterización red lobera

11 respuestas	Red lobera			
Materialidad	Poliamida (PA)	Poliéster (PES)	Polietileno (PE)	Otro
Menciones (cantidad de veces mencionada)	4	4	5	2 HDPE
Resistencia Max (kgf)	400-580	400-560	600	640
Titulación del hilo	210/360-480	250/360-480	5-6mm	
Tamaños de malla	10"			
Tipo de construcción	Braided con nudo			

Pregunta 2: Respecto al fouling

a. ¿Qué tipo de fouling observan comúnmente en los centros de cultivo que ustedes operan por región?

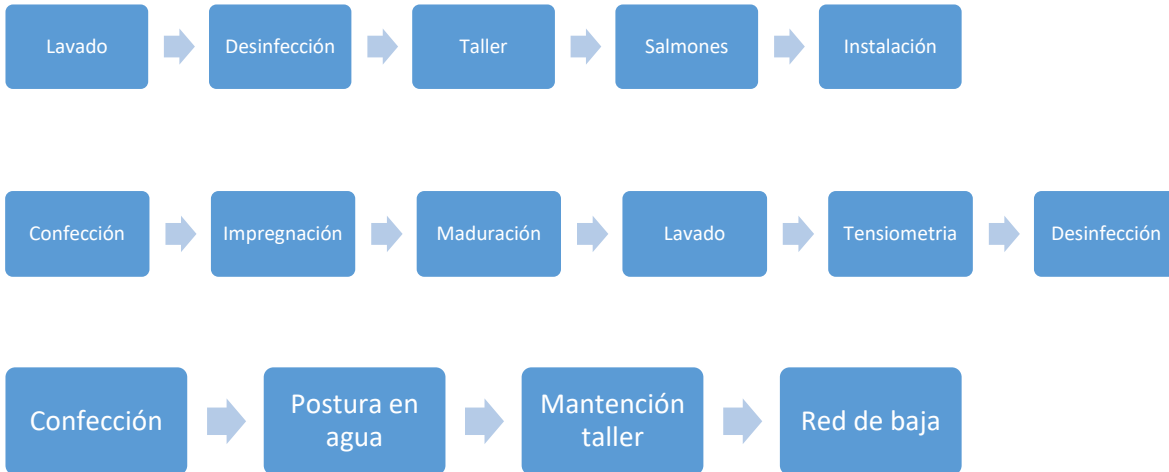
Tabla 25 - Especies fouling reconocidos o identificados en redes de cultivo

Región/ localidad	Tipo de fouling (especies reconocidas)	Frecuencia (Menciones)
Los Lagos	Mitílidos	6
Los Lagos	Moluscos	1
Los Lagos	Picoroco	2
Los Lagos	Pelillo	2
Los Lagos	Piure	1
Aysén	Briozoo	4
Aysén	Pelillo	5
Aysén	Moluscos	1
Aysén	Cirrípedos	1
Magallanes	Briozoo	3
Magallanes	Pelillo	2

Pregunta 3: Respecto a los elementos técnicos para la extensión de vida útil de las redes (exclusivo para empresa salmonera)

a. ¿Cuáles son las etapas por las que pasan las redes peceras y loberas en su ciclo de vida útil?

3 respuestas obtenidas



No sabe o no responde: 9 entrevistados

b. ¿Cuál es el criterio para dar de baja una red?

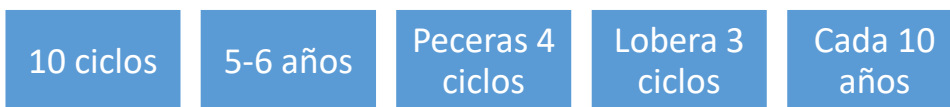
4 respuestas obtenidas



No sabe o no responde: 8 empresas entrevistadas

c. ¿Por cuántos ciclos de cultivo operan las redes peceras y loberas antes de darlas de baja?

4 respuestas obtenidas



No sabe o no responde: 8 empresas entrevistadas

d. ¿Cada cuánto tiempo realizan cambios redes (meses)?

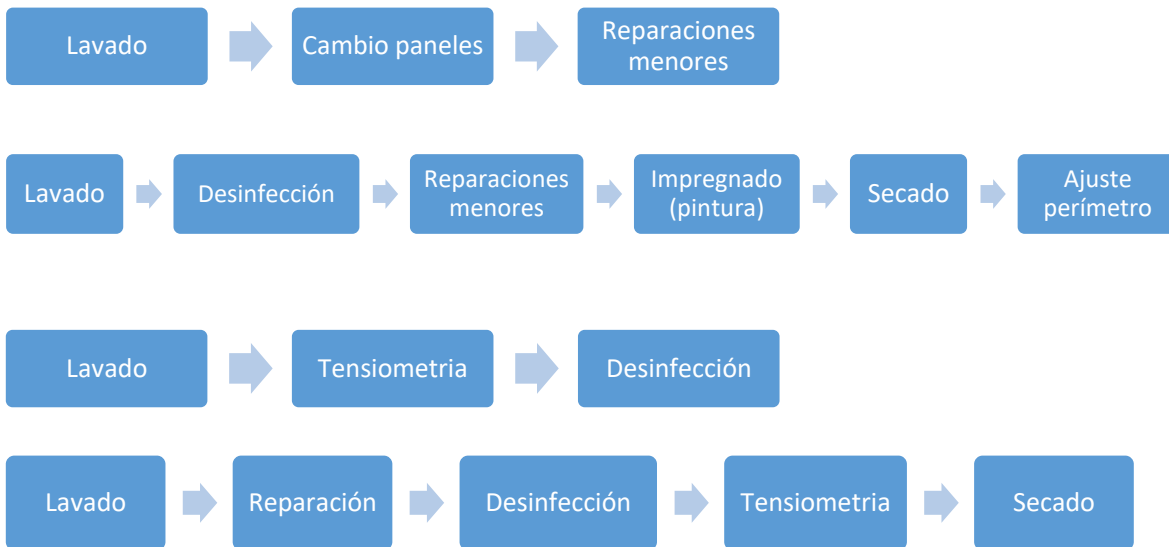
4 respuestas obtenidas

Recepción	Engorda	Lobera
<ul style="list-style-type: none">• 5• 5• 4 o 5• 9• 4	<ul style="list-style-type: none">• 6• 6• 4 o 5• 12 o 13• No se realiza	<ul style="list-style-type: none">• 8• 8• 7• 12 o 13• no se realiza

No sabe o no responde: 8 empresas entrevistadas

e. ¿Qué tipo de mantenimiento (lavado u otro) realizan a las redes y cada cuánto tiempo?

4 respuestas obtenidas



No sabe o no responde: 8 empresas entrevistadas

f. Alguna sugerencia respecto a la extensión de vida útil de las redes

4 respuestas obtenidas

Incrementar resistencia de
redes (ABRACION)

Protección
rayos uv

No usar soda
caustica

Proteger red durante
transportes

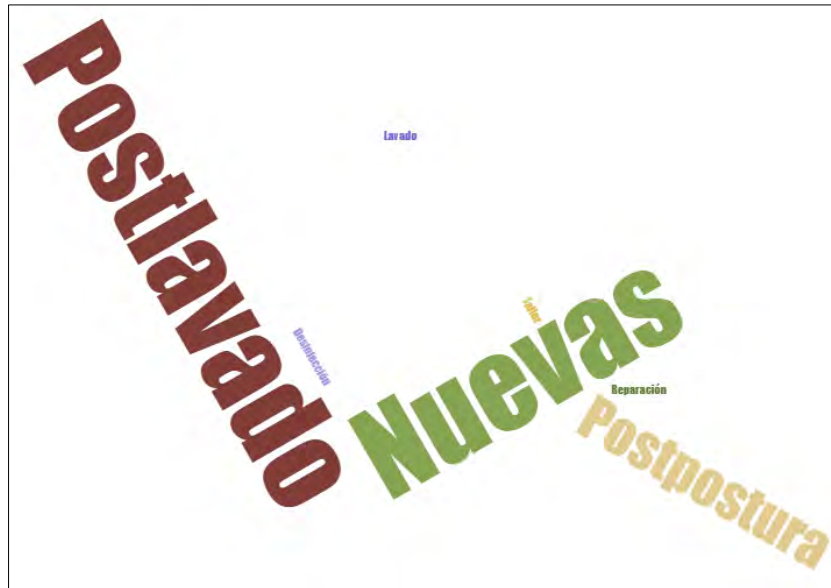
No sabe o no responde: 8 empresas entrevistadas

Pregunta 4: Respecto a la verificación y certificación de redes.

a. ¿Realizan pruebas de resistencia a las redes?

12 empresas responden afirmativamente

b. ¿Cuándo se realizan las pruebas de resistencia a las redes? (nuevas, posterior a la pintura, posterior al lavado, etc.)

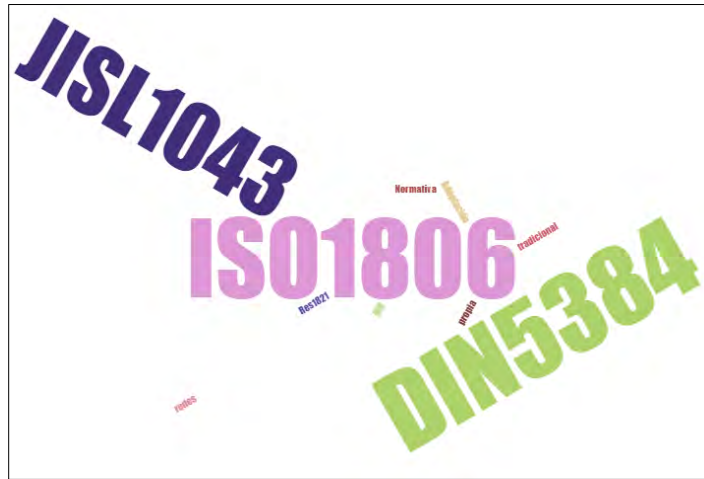


Post lavado: 5

Nuevas: 5

Post postura: 2

c. ¿Utilizan alguna norma específica para las pruebas de resistencia de las redes? ¿Cuál(es)?



Frecuencia normas utilizadas

ISO 1806: 5
DIN 5384: 6
JISL1043: 4

d. ¿Quién hace las pruebas de resistencia de redes? (la empresa, un lab externo, el usuario)



Laboratorio externo: 2
Taller de redes: 3
Taller de mantención: 1
Laboratorio propio: 4
No sabe o no responde: 2

e. ¿Cuentan con algún sistema de trazabilidad de las redes?, ¿Cuál(es)?

Todos los entrevistados respondieron que SI. Sin embargo, algunos realizan la trazabilidad solo mientras las redes pasan por sus instalaciones, como es el caso de taller de redes. Algunas salmoneras lo externalizan a los talleres de redes o fabricantes de tela o simplemente manejan una ficha técnica del producto.

f. Alguna sugerencia respecto a la verificación/certificación de las redes usadas en la acuicultura

Las recomendaciones surgieron principalmente del ámbito de la prevención de roturas durante la operación, es así como mucho se habló de realizar tensiometría, análisis de resistencia y de calibración de equipos, de manera de contar con equipos certificados por ejemplo por el IDIC.



8.3.3 Análisis General de las Entrevistas realizadas

En el marco del presente proyecto, se entrevistó a distintas empresas involucradas en el ciclo vida de las redes como son las empresas fabricantes de redes:

1. FISA
2. FIMAR
3. Badinotti
4. Ecosea Farming
5. Hernán Soto Servicios Pesqueros y Acuicolas EIRL.

Empresas Talleres de redes como:

6. MARMAU
7. Badinotti Net Services,
8. IngeRed
9. Patagonia Net Systems

Y empresas usuarias de redes como son las salmoneras

10. Blumar
11. Invermar
12. Cook Aquaculture Chile.

Dada las entrevistas realizadas, se presenta la información analizada realizando una descripción de los actores involucrados en el ciclo de vida de las redes, los tipos de redes más utilizadas en la industria y un análisis general del ciclo de vida de las redes.

1. Descripción de actores

En la industria del salmón existen 3 grupos claramente identificables que juegan un rol trascendente en el manejo del activo redes. Estos grupos son: a) fabricantes de tela de redes, quienes fabrican los paños de red. b) Talleres de redes, quienes confeccionan y realizan mantención las redes peceras, loberas y pajareras entre otros. c) Usuario o salmonera, quienes son propietarios de los activos (Figura 56).

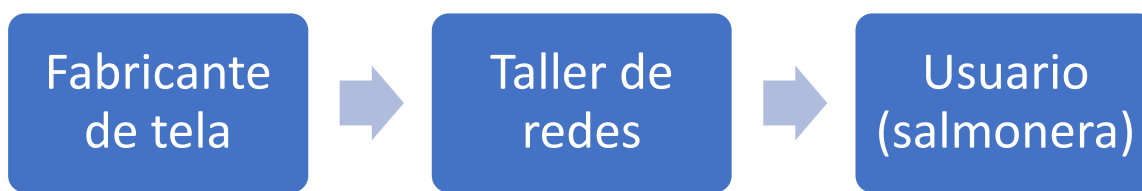


Figura 56: Actores involucrados en las redes peceras y loberas

- a) Los fabricantes de tela están concentrados en unas pocas empresas que concentran gran parte del mercado como son Fimar, Badinotti, FISA y Nitto Seimo quienes fueron entrevistados para conocer las redes más comercializadas en Chile.

Los fabricantes de telas se concentran principalmente en la en la fabricación y comercialización de paños de redes, donde todos éstos cuentan con laboratorios de tensiometría

Al mismo tiempo, la empresa Badinotti además cuenta con servicios de Taller de redes, y servicios marinos, lo que les permite, fabricar redes, construir y realizar mantención de redes peceras y loberas. Mientras que los otros fabricantes cuentan con una red de alianzas con distintos talleres de redes que confeccionan y en ocasiones realizan mantención de las redes. Por otra parte, las empresas FIMAR, Badinotti y FISA mantienen una trazabilidad de sus productos hasta que salen de sus dependencias al centro de cultivo, dejando en manos del usuario el control de la trazabilidad completa, certificando la resistencia a la ruptura de cada red nueva, sin garantizar su vida útil de acuerdo con el tipo de uso o manejo de cada usuario. A pesar de esto, algunas empresas continúan prestando el servicio de trazabilidad si las redes realizan su mantención en los talleres de redes propios o recomendados por el fabricante. Ninguna empresa se hace responsable o garantiza la vida útil de red dado que no se puede garantizar un transporte que no dañe la red, ni se puede garantizar un correcto uso de las redes por parte de la salmonera.

Adicionalmente se entrevistó a la empresa Ecosea Farming como uno de los comercializadores de redes metálicas para la contención de peces y para redes loberas. Ecosea farming se dedica a la construcción de balsas jaulas, y, por lo tanto, realiza la compra del alambre el cual es tejido en un paño de red con el cual se fabrican las redes pecera y loberas. Al mismo tiempo, y dada la especialización requerida para el manejo de estas redes, Ecosea Farming Spa realiza la mantención de sus sistemas llevando una trazabilidad acabada de las redes hasta que son dadas de baja. Mientras que los análisis de tensiometría son realizados

por laboratorios externos a la compañía. Cabe destacar que las empresas entrevistadas representan el 81% del mercado nacional de acuerdo con la propia declaración de su gerencia

- b) Los talleres de redes realizan principalmente la fabricación y mantención de los activos “redes”. Donde existe una gran variedad de empresas de distintos tamaños. En los talleres de redes se realizan servicios como son la fabricación, reparación, lavado e impregnación con antifouling, entre otros. Sin embargo, solo las empresas más grandes abarcan todos estos servicios, por lo general, las empresas más pequeñas solo se dedican a la fabricación y/o reparación de redes. Entre las empresas grandes, se entrevistaron a MARMAU y Badinotti Net Services e Ingered, entre las más pequeñas a: Patagonia Net Systems y Hernán Soto Servicios Pesqueros y Acuícolas EIRL.

Cabe destacar que las empresas entrevistadas reconocen una gran cantidad de actores que desarrollan esta labor. Sin embargo, gran parte de estas empresas nacen y al corto tiempo desaparecen del mercado, existiendo una constante entrada y salida de oferentes de este servicio, quienes por lo general son empresas subcontratadas por otras empresas de redes de mayor tamaño.

- c) Los usuarios o empresas salmoneras son los propietarios de las redes (activo) y quienes toman la decisión de comprar, dar de baja y reutilizar las redes previa mantención. El usuario, también toma decisiones más precisas como; que tipo de red utilizar en la red pecera de recepción, red pecera de engorda y red lobera, las cuales varían en material (PE, PA, PES, HDPE, entre otros), tamaños de malla y construcción (torcido, trenzado, raschel, muketsu, entre otros). Al mismo tiempo, toman decisiones estratégicas en cuanto a la mantención que le darán a las redes, tales como, aplicación de pintura antifouling para disminuir el nivel de incrustación de fouling, cuando reparar o dar de baja una red, cuando retirar una red del agua para ir a mantención y donde realizar la mantención (que taller de redes).

Cabe destacar que las empresas entrevistadas corresponden a una fracción representativa del sector salmonero.

2. Tipos de redes utilizadas en la industria

Las redes utilizadas en la salmonicultura con el objetivo de contener los peces en el agua son principalmente la red pecera de recepción, red pecera de engorda y red lobera.

La red pecera de recepción es una red de contención utilizada durante los primeros 3-5 meses de cultivo en agua de mar. Esta se caracteriza por ser una red de tamaño de malla pequeño que va de 1 a 1,5 pulgadas en construcción raschel, donde predomina la poliamida (PA) y en menor medida el Poliéster (PES). Sin embargo, se observa un gran interés por las redes de polietileno las cuales van creciendo en el mercado impulsado, en parte, por la irrupción de la empresa india “Garwer” al mercado nacional

La red pecera de engorda es una red de contención utilizada posterior a la red de recepción durante un periodo de 9-11 meses de cultivo en agua de mar hasta el momento de la cosecha, esta se caracteriza por ser una red de tamaño de malla que va de 2 a 2,5 pulgadas en construcción raschel, donde predomina la poliamida (PA) y en menor medida el Poliéster (PES). Sin embargo, se observa un gran interés por las redes de polietileno las cuales van creciendo en el mercado impulsado, en parte, por la irrupción de la empresa india “Garwer” al mercado nacional. Cabe destacar que el interés por las redes de polietileno se ha generado a partir de los buenos resultados respecto al nivel de

incrustación de fouling, dado que al parecer sería menor que las fibras de poliamida y poliéster (Tabla 26)

Por último, entre las redes loberas predomina el polietileno (PE) en tamaños de malla de 10 pulgadas en construcción braided con nudo (Tabla 26).

Tabla 26: Resultados entrevista. Respuestas entregadas por entrevistados respecto a los tipos de redes utilizadas en cuanto a materialidad, resistencia máxima a la tensión, titulación, tamaños de malla y construcción de la red. Las menciones corresponden a la frecuencia con la cual se mencionó el material correspondiente. PA: Poliamida, PES: Poliéster, PE: Polietileno

11 Respuestas	Red pecera recepción				11 Respuestas	Red pecera engorda				11 Respuestas	Red lobera			
	PA	PES	PE	Otro		PA	PES	PE	Otro		PA	PES	PE	Otro
Menciones	6	5	3	3 Dynnema	Menciones	6	4	2	1 Dynnema	Menciones	4	4	5	2 HDPE
Resistencia Max (kgf)	100-120	90-150	100		Resistencia Max (kgf)	120-200	100-120	190		Resistencia Max (kgf)	400-580	400-560	600	640
Titulación del hilo	210/ 96-120	250/ 84-120	H440/30		Titulación del hilo	210/ 120-200	250/ 96-120	H440/60		Titulación del hilo	210/360-480	250/360-480	5-6mm	
Tamaños de malla	1"				Tamaños de malla	2"				Tamaños de malla	10"			
	1,5"					2,5"								
Tipo de construcción	Raschel				Tipo de construcción	Raschel				Tipo de construcción	Braided con nudo			

3. Descripción del proceso de producción y manejo de redes de cultivo

El ciclo de vida de una red nace en el fabricante cuando produce los paños de tela. Posteriormente entra a taller de redes donde se confecciona la red y en ocasiones son impregnadas con pintura antifouling para posteriormente ser enviadas al usuario. El usuario o salmonero, después de su primer uso en su proceso productivo, las envía a taller de redes para mantención, donde puede ser lavada, reparada, impregnada e incluso almacenada por algún tiempo para volver al usuario. El proceso completo de la mantención de la red se detalla en la Figura 57, considerando que no todos los usuarios deciden reparar o impregnar con antifouling. Esta mantención, se realiza tantas veces como el usuario desee, sin perder de vista la resistencia a la tracción (tensiometría) de las redes.

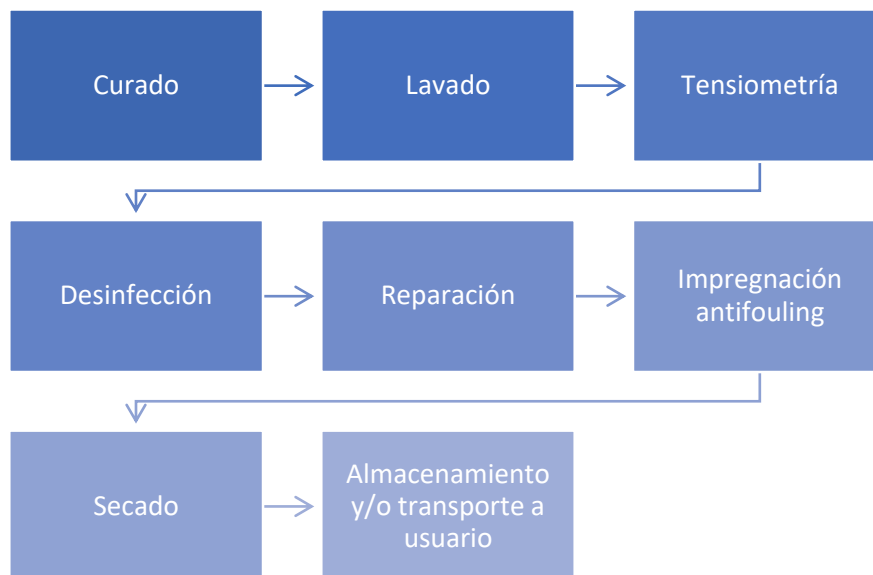


Figura 57: Etapas por las que pasan las redes peceras en su ciclo de vida en taller de redes.

Cabe destacar que, entre los entrevistados, la gran mayoría tiene el criterio de dar de baja o recomendar dar de baja una red pecera cuando la resistencia a la tensión se encuentra por debajo del

50 o 65% de la tensión que resiste la red nueva. Sin embargo, se reconoce que esta prueba de tensión se realiza posterior al lavado, a pesar de que los procesos posteriores como desinfección, impregnación con antifouling o secado, los que tienen un efecto negativo sobre la resistencia a la tensión de la red. Por lo cual, lo recomendable es tomar la tensiometría una vez ejecutados todos los procesos de mantención a los cuales se expondrá la red antes de ser almacenada o enviada al usuario, considerando los protocolos descritos en alguna de las Normas ISO 1806, DIN 53844 o JIS L1043-1992. Para tales pruebas de redes en base a polímeros, se pueden tomar mínimo 9 test de resistencia en la red, las cuales se pueden distribuir de la siguiente manera:

1. 3 muestras bajo el cabo de media agua
2. 3 muestras entre media agua y fondo y
3. 3 muestras distribuidas en el fondo de la red.

En el caso de redes metálicas u de otro tipo donde no aplique los criterios recomendados por las distintas normas ISO, DIN o JIS, lo recomendable es que se presenten las pruebas mecánicas equivalentes que demuestren la resistencia de la red directa o indirectamente como es el caso de las redes de aleación de cobre, donde el parámetro a comparar es el diámetro de la hebra o alambre, ya que, con el tiempo disminuye el diámetro de la hebra y por ende disminuye su resistencia a la tracción. En este sentido, por ejemplo, Ecosea Farming SPA. quienes comercializan redes de aleación de cobre, han concluido en base a estudios propios, que el criterio a emplear es reemplazar la sección más afectada cuando el diámetro de la hebra disminuye un 30%, sección que por lo general se ve afectada en la boca de la red.

Cabe destacar que entre todos los entrevistados se destacó que la sección de mayor pérdida de resistencia a la tensión es en los primeros 3-6 m de la red (también denominado boca de la red) y por ende, esta sección de la red en ocasiones es reforzada con una segunda red, reemplazada completamente por una sección de iguales dimensiones de paño nuevo y muy pocas veces reparadas, lo que podría considerarse dentro del plan de mantención de la red.

Respecto a la medición de la tensión en redes, las empresas que prestan este servicio se basan principalmente en la Norma ISO 1806, DIN 53844 y JIS L1043-1992 o incluso una combinación de estas para mejorar la toma de los datos, refiriéndose exclusivamente a la velocidad de recorrido que tiene la máquina de tensiometría al tensar la red.

Las pruebas de resistencia de redes son realizadas principalmente por los fabricantes de paños de red y talleres de redes, quienes cuentan con distintas máquinas para el registro de datos, las cuales varían de sofisticados equipos en ambientes controlados a equipos portátiles de menor costo pero que puede alcanzar precisiones similares a las maquinas más sofisticadas (Figura 58)

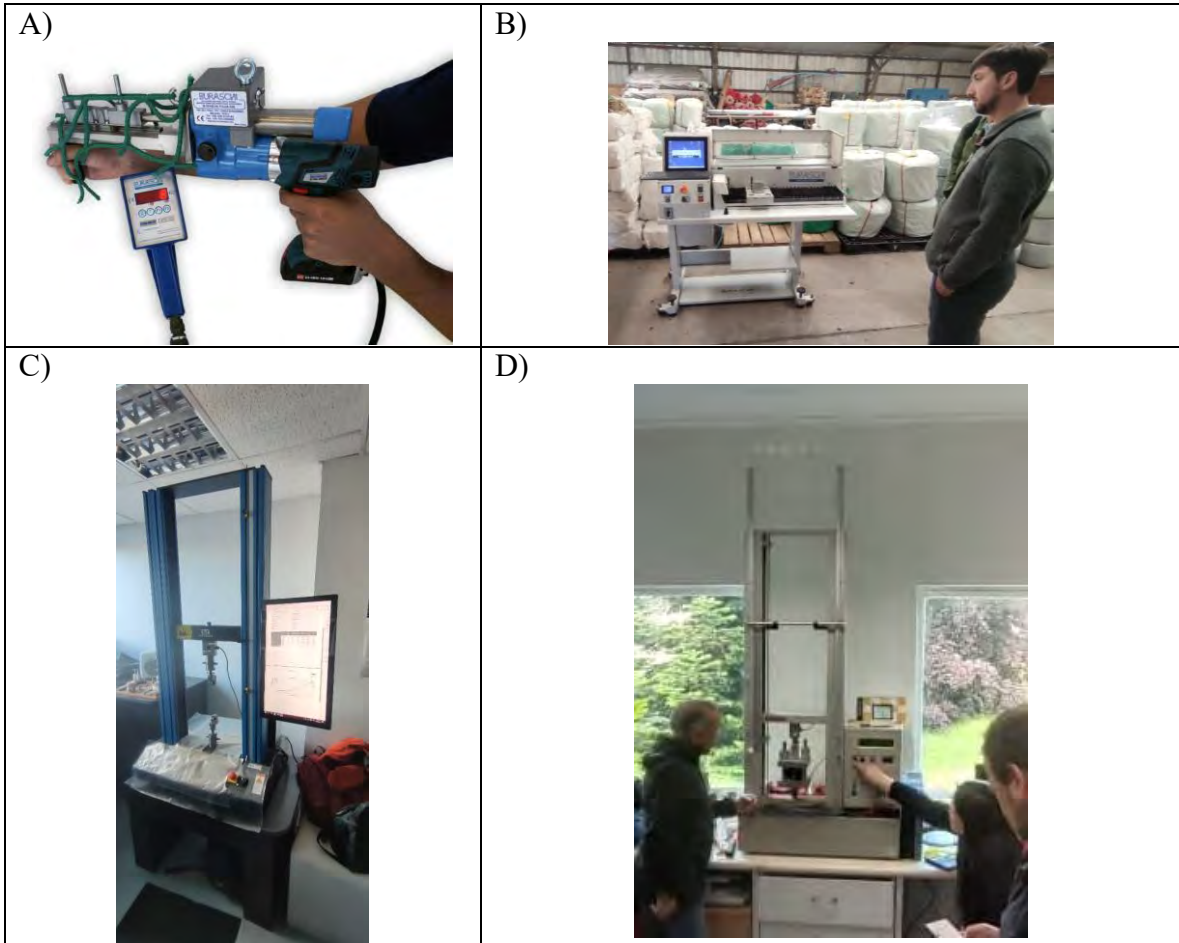


Figura 58: Máquinas utilizadas en Chile para los registros de tensiometría. A) Buraschi Dyna 400; B) Buraschi Dyna 600; C) Instron maquina universal de pruebas de tensión; D) Maquina Universal de pruebas de tensión

Cabe destacar que las máquinas utilizadas para las pruebas de tensión son certificadas por el fabricante (Buraschi), IDIC, CESMEC o IDIEM. Sin embargo, esto podría estandarizarse para que todas las máquinas tengan anualmente una certificación igual o equivalente para todos de los equipos utilizados en las pruebas de tensiometría.

Respecto al fouling presente en las regiones de los lagos, Aysén y Magallanes, todos los entrevistados aseguraron que el fouling en general es más agresivo en la región de los lagos, disminuyendo hacia el sur. En este contexto, los entrevistados mencionaron con mayor frecuencia que en la región de Los Lagos la especie predominante son los mitílidos. Mientras que en la región de Aysén y Magallanes las especies predominantes son los Briozoo y pelillo (**Figura 59**).

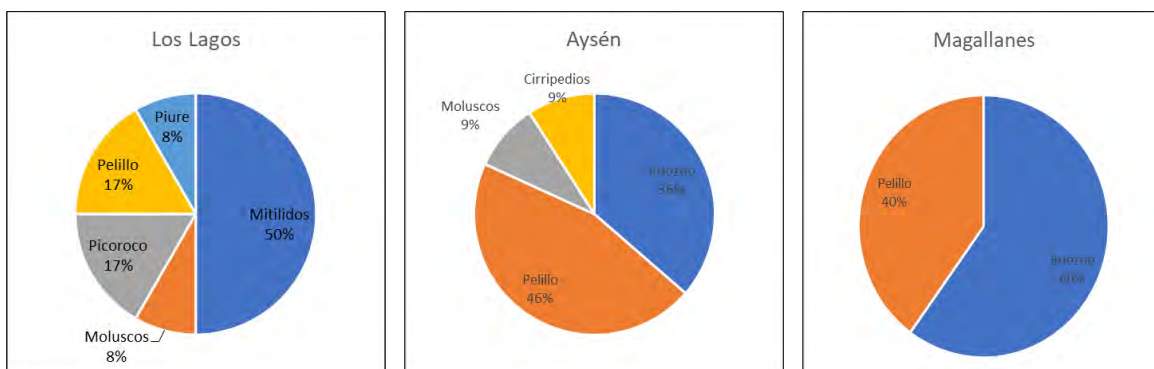


Figura 59: Respuestas de entrevistados respecto a las especies predominantes presentes en el fouling en las regiones de Los Lagos, Aysén y Magallanes.

4. Descripción de las empresas fabricante de redes entrevistadas

FISA

Fibras Industriales S.A (Figura 60) es una empresa, con más de 70 años, líder en la producción y comercialización de redes para los sectores de pesca y acuicultura, y con gran participación en los rubros de agricultura, deportes, minería, construcción, entre otros.

FISA cuenta con una amplia gama de productos gracias a la experiencia alcanzada. Quienes declarar ofrecer todos los tipos de redes existentes y utilizadas en el mundo, jaulas para centros de cultivo, deportes, entre otros y la más amplia variedad de cabos, cordeles y flotadores.

Los principales mercados en los cuales participan son:

- Pesca de todas las especies
- Centro de cultivo para todas las especies
- Deportes (Baseball, Golf, Soccer, Lacrosse, entre otros)
- Seguridad para la Construcción y Minería
- Agricultura

Específicamente en el rubro de la acuicultura, trabajan en el diseño y fabricación de redes, como también desarrollar jaulas para cultivo, redes pajareras y redes para depredadores de alta calidad, en base a la necesidad del cliente.

Las redes para estas jaulas pueden ser producidas de con diferentes fibras sintéticas, entre las más populares Poliéster, Nylon y Polietileno (SUPRA).



Figura 60: Logo FISA

Las **redes pajareras** FISA son redes torcidas sin nudo “Shogun” o sin nudo “Raschel”, fabricadas principalmente de polietileno o Polipropileno debido a su bajo peso, costo y fácil manipulación. El diseño y armado hecho por FISA es base a las dimensiones de las jaulas donde estas redes serán instaladas.

FISA tiene experiencia en el diseño y construcción de redes pajareras, teniendo buenos resultados en mercados como Chile, Canadá, España, entre otros países.

Las redes para depredadores FISA (redes loberas) son redes de cordel trenzado con nudo y producidas con Nylon, Polietileno (SUPRA) o Poliester. Estas son redes de alta capacidad de trabajo y una mayor resistencia a la rotura y al roce



Figura 61: Red Lobera de FISA

Su participación en el mercado nacional de acuerdo con la propia declaración de la empresa alcanza actualmente el 20%

FIMAR

La empresa FIMAR Comercializa productos desde 1994 en diferentes mercados a nivel global, en los que se ha ido incrementando la participación a la vez de nuestra capacidad instalada; todo esto, en virtud de la creciente demanda. Es por ello, que, han desarrollado un portafolio completo con productos y servicios de altos estándares que se manejan en todas sus sedes.

En este contexto, FIMAR tiene la misión de Contribuir al éxito de nuestros clientes en sus operaciones de pesca y acuicultura, brindando productos y servicios de alto valor, suministrando principalmente, redes, cabos y aparejos de pesca, aportando con ello al desarrollo sustentable de nuestros colaboradores internos y externos.

Mientras que la visión es: Ser la mejor empresa global en brindar soluciones innovadoras de alto valor en aplicaciones industriales de redes para pesca, acuicultura, seguridad y contención para el 2024, constituyéndose como la mejor empresa para trabajar, siendo reconocida además por su compromiso con el cuidado del medio ambiente. FIMAR cuenta con 5 divisiones que se presentan a continuación (Figura 62).

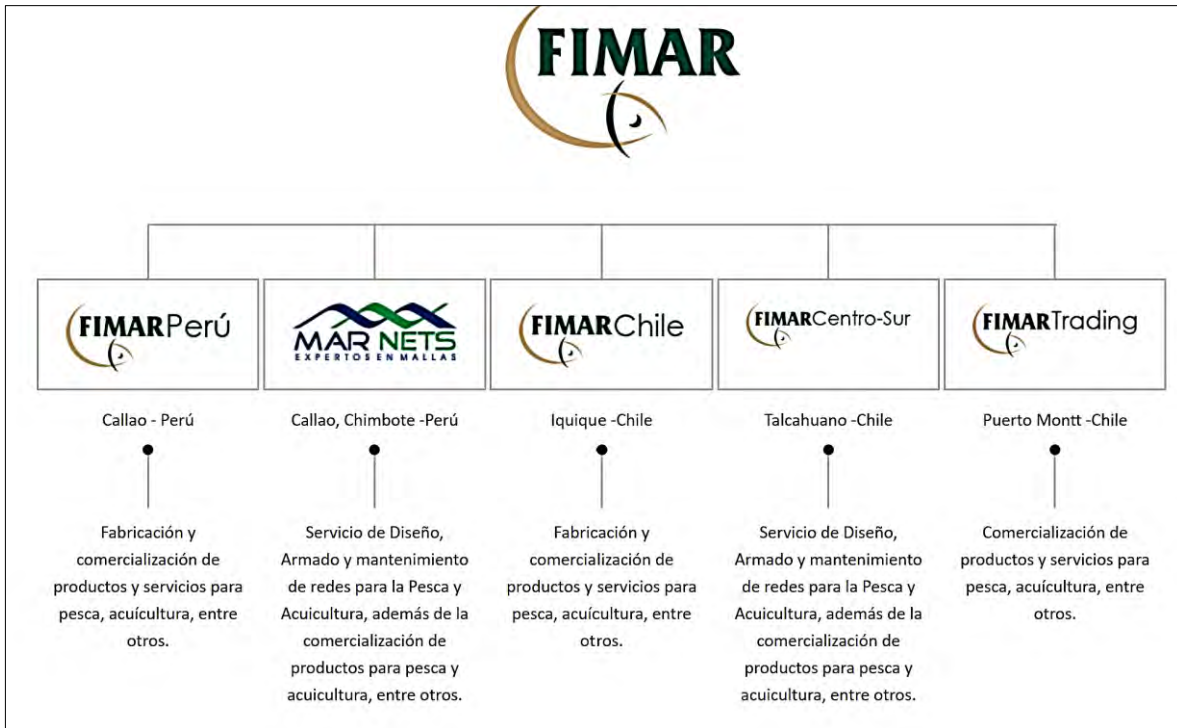


Figura 62: FIMAR y sus Divisiones

Su participación en el mercado nacional de acuerdo con la propia declaración de la empresa alcanza actualmente el 39%

Badinotti Group Chile

Badinotti Group comenzó a fabricar redes para la industria pesquera y acuícola en 1910. Sus primeras redes fueron confeccionadas en Milán, Italia y la producción ahora se ha expandido a Chile, Perú y Eslovaquia. Cada centro de confección se especializa en redes para satisfacer las necesidades específicas del mercado.

Las instalaciones de Badinotti Group en Puerto Montt están equipadas con laboratorios de control de calidad de primer nivel, responsables de realizar rigurosas pruebas de las materias primas que se utilizan y controlando el proceso de producción para asegurar que el producto final cumpla con las especificaciones requeridas. Entre las que se encuentran las pruebas de tensiometría,

Estos procedimientos se validan y certifican con estándares internacionales como ISO 9001 y la certificación noruega NS9415.

Su participación en el mercado nacional de acuerdo con la propia declaración de la empresa alcanza actualmente el 20%

Badinotti Net Services

En Badinotti Net Services Chile todos los procesos son aprobados y desarrollados bajo las normas ISO 9001 e ISO 14001, siendo la única empresa del sector en mantener esta última, por más de 5 años consecutivos.

En 2017, Badinotti Services Chile obtuvo la certificación OHSAS 18001, siendo la primera división del Grupo Badinotti en lograrla. Además, ofrece un software de trazabilidad denominado “EasyTrack”. Easy Track permite a sus clientes conocer la cantidad y ubicación de sus redes en las Estaciones de Servicio. El cliente sabe en qué proceso se está tratando cada red. Easy Track también ofrece resultados de tensiómetros aplicados e informes de gestión.

Todos los equipos y maquinaria utilizados están diseñados para manipular redes con diferentes niveles de suciedad y deterioro, así como de diferentes dimensiones y características.

Los productos y servicios que ofrecen en Badinotti Net Services son los siguientes:

- Mantenimiento de Redes (lavado, desinfección, reparación, secado e impregnación)
- Preparación y montaje de jaulas
- Ventas de antifouling
- Venta de codificación y etiquetas
- Fabricación de lonas



Figura 63: Confección de redes

Hernán Soto Servicios Pesqueros y acuícolas EIRL

Hernán Soto servicios pesqueros y acuícolas EIRL, es una empresa representante de Nitto Seimo, Empresa Japonesa fabricante líder de redes sin nudos, al desarrollar la primera máquina de red sin nudos del mundo. Lo que lo ha llevado a contar con una participación del 50% del mercado interno japonés

Las redes sin nudos que comenzaron a fabricar por primera vez en el mundo en 1925 fueron producidas por la maquinaria original desarrollada por ellos.

Las redes comercializadas en Chile son las del tipo H correspondiente al polietileno sin nudo (Figura 64 y Tabla 27).

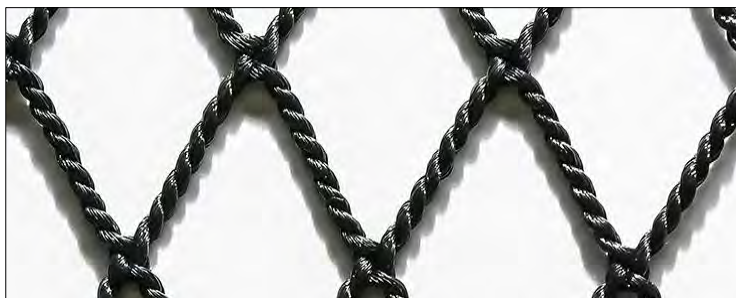


Figura 64: Red de polietileno torcido sin Nudo. Denominada como "H"

Tabla 27: Características redes tipo H

Nombre	Tipo de Hilo	Peso específico	Características	Uso
H	Polietileno	0.95	Flota en el agua debido a una ligera gravedad específica. Su tensión es relativamente baja. Es de bajo precio.	Redes de piscicultura, Redes de almadraba, Redes de cerco, Redes de tierra

Su participación en el mercado nacional de acuerdo con la propia declaración de la empresa alcanza actualmente el 2%.

8.3.4 Parámetros que incluir en la evaluación de la extensión de la vida útil de una red

Se realizó un análisis exhaustivo los elementos técnicos que contribuyen a la extensión de la vida útil de la red, donde se visualiza que la resistencia a la ruptura (parámetro cuantitativo) medida de la forma y con los instrumentos y certificaciones actuales para redes basadas en fibras sintéticas, es el elemento principal que considerar para este efecto. Para el caso de redes metálicas o sintéticas como econet (kikkonet) en el cual no es posible aplicar las normas existentes por su tipo de construcción se debe aplicar las indicaciones que aparecen en la norma R Ex 1821 y sus modificaciones en su numeral 46 bis.

Sin embargo, existen procedimientos o “buenas prácticas” (parámetros cualitativos) que independiente de cumplir con el requisito de resistencia a la ruptura, influyen en el correcto uso del arte de cultivo y minimiza la probabilidad de falla y por ende en escape de peces. Estos elementos son los que se describen en el presente informe.

Lo anteriormente descrito se sustenta debido a que una tensiometría por si sola no acredita que una red no tenga fallas en la operación en el mar y por ende se produzcan escapes de peces. En este sentido gran parte de las redes en su ciclo de vida son sometidas a distintas actividades desde que son retiradas del centro de cultivo ya sea por fallas o por ensuciamiento y transportadas al taller de redes para su mantención y posterior retorno al centro de cultivo como ya se ha descrito anteriormente. Es por tal motivo que la red puede sufrir tirones no deseadas o abrasión productos de la mantención que pueden disminuir la carga de ruptura sin que la tensiometría pueda detectar dichos problemas. O por otro lado que la reparación de una rotura en alguna sección de la red no quede bien realizada lo que sin duda puede contribuir a provocar escapes de peces una vez que la red retorne al centro sin tener un código de buenas prácticas y teniendo una certificación aprobada en la tensiometría. En resumen, lo señalada anteriormente contribuye significativamente al mantenimiento de la integridad del sistema y su seguridad en el confinamiento de peces y la entrada de predadores.

En resumen, la determinación de la resistencia a la ruptura de una red de cultivo de peces es fundamental para garantizar la seguridad de los peces, la integridad del sistema, el cumplimiento de regulaciones, la protección del medio ambiente y la prevención de pérdidas económicas.

De lo anterior, se concluye que la resistencia a la ruptura es el principal y único elemento que permite una medida cuantitativa y normalizada. Si embargo, dada la existencia de un ente certificador que es el “taller de redes u otros prestadores de servicios” que existe la posibilidad de ampliar el alcance de este certificado a chequeo de los procedimientos y buenas prácticas que minimicen el riesgo de los escapes de peces.

En este sentido el documento Certificado del Taller debe incluir los parámetros de resistencia a la ruptura detalladamente descritos y además, considerar también un chequeo de los procedimientos y buenas prácticas en la reparación y manejo de artes de cultivo que finalizan con un Certificado de Mantención, que la presente R Ex 1821 y sus modificaciones, la que se señala en el numeral 48 de la misma norma. Sin embargo, se sugiere incorporar en el certificado las indicaciones señaladas en el objetivo 4.

8.3.4.1 Procedimientos y buenas prácticas.

A continuación, se proponen los procedimientos y buenas prácticas a considerar en la evaluación de la extensión de la vida útil, para las redes presentes en el mercado nacional, las que están compuestas principalmente por redes flexibles, semirrígidas y rígidas con materias primas sintéticas como poliamida (nylon), poliéster, polietileno de alta densidad, aleación de cobre, acero y combinaciones de estas, además de otras que existan en industria acuícola nacional y que tengan algún grado de participación en el mercado, en el presente análisis quedan excluidas las lonas, siendo esta última utilizada solo para fines de baños antiparasitarios en Chile.

Redes flexibles: Los diferentes tipos de redes se pueden clasificar en redes tradicionales flexibles cada una de las cuales presentan diferentes tipos de construcción o tejido, a saber; construcción rashed, braided con nudo, torcidas con nudo, torcidas sin nudo (muketsu) y trenzados sin nudo (BM Braided Muketsu o ultracross), a estos tipos de construcción o tejido se asocia la materia prima utilizada como puede ser Poliamida (nylon), poliéster, Polietilenos, polietileno de alto peso molecular, además de combinación de materias primas, todas en el segmento de las redes flexibles.

En este segmento es posible parametrizar la resistencia a la ruptura según algunas de las normas internacionales de amplia utilización internacional como DIN 53844; ISO 1806 o JIS 1043

Redes semirrígidas y rígidas: El segmento de redes rígidas o semirrígidas corresponde a un tipo de red de más reciente utilización y con un amplio potencial de crecimiento, hasta el momento principalmente para uso en redes loberas, sin embargo, también pueden ser utilizados como red contenedora de peces (con las respectivas modificaciones) dada sus características de mayores resistencias. La línea de desarrollo de productos de redes con las variantes rígidas o semirrígidas son construidas con materiales de aleación cobre níquel, redes de acero, redes con procesos de copolimerización (K Grid), redes Econet (kikonet) de monofilamento rígido de Poliéster (PES), u otros.

En este segmento la parametrización de la resistencia a la ruptura presenta en algunos casos la complicación de no poder utilizar alguna de las normas utilizadas en el segmento flexible, en este caso el productor de redes rígidas deberá proponer un plan de mantención con sus respectivas pruebas de resistencia a la ruptura. Lo anteriormente descrito adolece a que gran parte de las mallas semirrígidas como Econet (kikkonet) y mallas rígidas como Aleaciones de cobre y de acero, con configuraciones muy particulares y distintas de las mallas flexibles, no poseen una norma internacional establecida para las pruebas de resistencia a la ruptura.

La extensión de la vida útil de las redes incluye elementos como diseño dependiendo del tamaño de los peces, energía del sitio y tamaño de la red (resolución exenta N°1821 y sus modificaciones), certificación de materiales nuevos, procedimientos y control de calidad de armado de la red nueva, procedimientos de instalación, procesos en el sitio como lavado in situ, reparaciones en el sitio, retiro de las redes, procesos de reparación en taller, certificación antes del despacho para un nuevo ciclo de producción.

8.3.4.2 Propuesta de parámetros a incluir en la evaluación de la extensión de la vida útil

Entendiendo como “parámetro” según la RAE

1. m. Dato o factor que se toma como necesario para analizar o valorar una situación. Es difícil entender esta situación basándonos en los parámetros habituales.
2. m. Mat. Variable que, en una familia de elementos, sirve para identificar cada uno de ellos mediante su valor numérico.

8.3.4.2.1 Para redes Nuevas (primer uso)

1. Diseño de la red según resolución exenta N°1821 y sus modificaciones.
2. Resistencia a la ruptura del paño de red medida según normas DIN 53844; ISO 1806 o JIS 1043 para materiales de red nuevos.
3. Resistencia a la ruptura de cabos, hilos y accesorios de la red, cada uno de los elementos indicados requieren de certificados de resistencia emitido por el fabricante y homologados por laboratorios reconocidos en Chile de acuerdo con la RE. 1821 y sus modificaciones.
4. Laboratorios de materiales con equipos certificados por organismos reconocidos en Chile (Cesmec, Dictuc, Idiem, Idic u otro)

8.3.4.2.2 Para redes Usadas (segundo uso o más)

1. Resistencia a la ruptura del paño medida según normas DIN 53844; ISO 1806 o JIS 1043, para materiales de red (muestras en tamaño, número y ubicación tomadas según protocolo)
2. Protocolos para Procesos de lavado, reparaciones, cambio de estructuras o paños de red, según procedimiento previamente acordado y autorizado
3. Laboratorios de materiales con equipos certificados por organismos reconocidos en Chile (Cesmec, Dictuc, Idiem, Idic u otro), en esta etapa los equipos móviles o de terreno deben estar homologados y aplicar la norma según corresponda.
4. Actualización del diseño de la red de acuerdo con las mantenciones realizadas, ej parches, cambios de paneles, cambios de cabo, entre otros. Esta actualización puede ser realizada modificando la planimetría.

8.3.5 Establecer las pruebas de laboratorio y sus condiciones que permitan evaluar la integridad estructural de las redes (nylon y polietileno, redes metálicas y algún tipo de otro material como lona)

En este apartado tomando como base los mismos fundamentos ya desarrollados en el punto previo, para las redes presentes en el mercado nacional es posible realizar la misma segmentación en; redes flexibles, semirrígidas y rígidas con materias primas sintéticas como poliamida (nylon), poliéster, polietileno de alta densidad, aleación de cobre, acero y combinaciones de estas, además de otras que existan en industria acuícola nacional y que tengan algún grado de participación en el mercado, en el presente análisis quedan excluidas las lonas, siendo esta última utilizada solo para fines de baños antiparasitarios en Chile.

Redes flexibles: En este grupo es posible parametrizar la resistencia a la ruptura según algunas de las normas internacionales de amplia utilización internacional como DIN 53844; ISO 1806 o JIS 1043

Redes semirrígidas y rígidas: En este segmento la parametrización de la resistencia a la ruptura presenta en algunos casos la complicación de no poder utilizar alguna de las normas utilizadas en el segmento flexible, en este caso el oferente debe especificar ante la autoridad la norma propuesta que sea reconocida por alguna entidad reguladora internacional y lograr su homologación en Chile

Por otra parte, las condiciones que permiten evaluar la integridad estructural de las redes están íntimamente ligado con los diferentes procesos en los que participa en su ciclo de vida productiva, es así como se desarrollan las condiciones estructurales de las redes en diferentes etapas.

8.3.5.1 Recomendaciones para considerar en las etapas del ciclo de vida de las redes

ETAPAS:

1. Verificación y certificación de características del paño de red nuevo en el proceso de armado de la red, resistencia a la ruptura, medidas de malla,
2. Traslado e instalación de la red en el agua
3. Lavado de redes in situ (si corresponde), reparaciones en terreno
4. Retiro y traslado de redes a taller
5. Trabajos en taller, lavado, reparación, pintura, almacenamiento

En cada una de estas etapas, se requieren protocolos y procedimiento de verificación de actividades tendientes a alargar la vida útil de la red y mantener la integridad estructural de estas. Se hace hincapié en redes del tipo flexibles por ser las más utilizadas en la industria salmonera chilena de acuerdo con las entrevistas realizadas.

ETAPA 1: Verificación y certificación de características del paño de red nuevo en el proceso de armado de la red, resistencia a la ruptura, medidas de malla

Deben existir a lo menos dos documentos importantes asociados a la confección de redes. El primero es el Plano (Autocad; PDF u otro) que puede ser elaborado por el taller de redes, profesional especialista, departamento técnico de la empresa mandante u otro. El segundo documento, la Ficha Técnica elaborado por el taller de redes, profesional especialista, departamento técnico de la empresa mandante u otro

La confección no puede comenzar antes de la recepción conforme de los documentos por parte de los involucrados y del visto bueno del mandante

Posterior a la confección, Control de Calidad comprobará que las características de la red concuerden con el plano y con la ficha técnica.

Características del Plano

Según recomendaciones FAO, es elaborado a escala la cual se especifican las consideraciones técnicas del mismo, Todas las dimensiones son en metros (m), para evitar exceso de datos en el plano se complementa con la ficha técnica. El metro se emplea en las dimensiones mayores y se expresa con un número entero seguido de dos decimales. El milímetro se emplea para dimensiones pequeñas como diámetros de cabos y claro de malla (estirada, meshsize) (número entero), es este último caso los “usos y costumbres” indican la medida en pulgadas (inch) puede ser utilizada. La masa y el peso se expresan en kilogramos (kg). Las Fuerzas tales como carga de ruptura de cabos, hilos o paños de red se expresa en kilogramo fuerza (kgf). Las dimensiones de los hilos de los paños de red se expresan en sistema tex o R-tex, que indica la densidad final resultante del hilo para paños de red terminado, sin embargo, en este caso los “usos y costumbres” locales ocupan la medida en títulos Deniers equivalentes. El diámetro de hilo final del paño de red es un dato deseable para cálculos de resistencia hidrodinámica del paño. La copia de es entregada en Autocad; PDF u otro Se especifican en el plano las siguientes variables: Distancia entre relingas verticales. Distancia entre relingas horizontales. Altura de la red trabajando. Distancia entre relinga de boca y relinga de fondo (para peceras y loberas, sets loberos). Diámetro de los cabos y Tex / Rtex /Denier o título del paño de red (diámetro del hilo del paño)

Características de la Ficha Técnica

En la ficha técnica se especifica las características técnicas de la red en cuanto a Materiales, Estructurales, Costuras y Encabalgues. La siguiente Ficha técnica es un ejemplo la cual es un complemento al plano de la red. En ella se identifica entre otros el tipo de red, dimensiones, detalles de armado, especificaciones de cabos, hilos, detalles de costuras en las diferentes secciones, detalle de encabalgues en las diferentes estructuras de la red.

Ficha técnica de confección y supervisión

Identificación y Características de la Red	Código Taller/Código cliente:	/
	Tipo de red:	Red pecera cuadrada con fondo piramidal
	Orden de Trabajo N°:	467
	Cliente:	
	Dimensiones:	31,4x31,4x9,3+1 metros
	Área Geométrica de la red:	2.394 m ²
	Área de Armado de la red:	2.516 m ²
	Adicional de paño Horizontal:	3,0%
	Adicional de paño Vertical:	3,0%
Peso Estimado de la Red:	992 kg	

Control de Tiempos	Fecha de inicio de cuadratura:	Hora de inicio:
	Fecha de término de cuadratura:	Hora de término:
	Fecha de inicio de encabalgue:	Hora de inicio:
	Fecha de término de encabalgue:	Hora de término:

Revisiones diarias
(días)

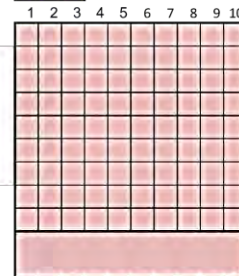
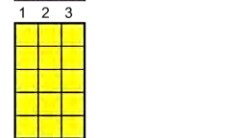
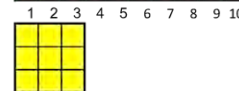
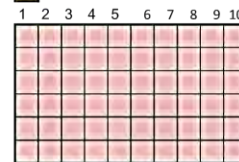
Paños	Tipo de paño:	Raschel blanco natural
	Materia prima:	Nylon
	Titulación:	210/120
	Malla:	1,5"
	Rendimiento Teórico Fimar (m2/lb):	1,48
	Resistencia de rotura Teórico:	117 Kg-F

Cabo	Cabo:	Torcido Polipropileno
	Cabo estructura:	18 mm
	Número de orejas postizas:	136 unidades
	Luz de las orejas:	20 cm.
	Largo Gazas:	35 cm.
	Largo de Colchas:	50 cm.

Hilo	Hilo cuadratura manual (opción 1):	Nylon 210/72 trenzado Blanco.
	Hilo Costura Manual:	Nylon 210/72 trenzado Blanco
	Hilo Encabalgue:	Nylon 210/72 trenzado Blanco

Costuras	Costura de cuadratura manual (opción 1):	Manual, malla a malla.
	Costuras, cierre lateral/ unión lateral-fondo:	Manual, T/ 3P / T
	Costuras, refuerzos:	Manual, T/ 3P / T
	Corte del paño:	En caliente
	Sentido del paño:	A la barra

Encabalgue	Encabalgue Horizontal de Boca:	Manual, T / 3P / T
	Encabalgue Horizontal de Agua:	Manual, T / 2P / T
	Encabalgue Horizontal de Cintura:	Manual, T / 3P / T
	Encabalgues, Cierre pared/ unión pared-fondo:	Manual, T / 2P / T
	Encabalgue Rellingas Verticales:	Manual, T / 3P / T
	Encabalgue Crucetas de fondo:	Manual, T / 3P / T
	Encabalgues Diagonales de fondo:	Manual, T / 2P / T
	Encabalgue Colchas:	Manual, T / P / T
	Encabalgue Gazas:	Manual, T / P / T
	Instalación Quechón:	Manual, T / 2P / T
	Instalación de cadena 8 mm:	Manual, T / 4P / T



Firma supervisor encabalgue: _____

Otras consideraciones:

- 1.) Colchas se realizarán en cruces de cabos (verticales con horizontales).
- 2.) Cuadratura con wincha métrica.
- 3.) Se tomarán 02 muestreos por paño (se medirán 10 mallas continuas por muestreo), para verificar el tamaño de malla.
- 3.1) Si la diferencia observada del tamaño de malla de las primeras muestras fuera mayor al 5%, se tomarán 08 muestreos adicionales.

Para ser llenado por área de cuadratura con ✓
 Para ser llenado por área de encabalgue con ✓

Grupo: _____

Supervisor: _____

ETAPA 2: Traslado e instalación de la red en el agua

Los procedimientos en se deben desarrollar en cada caso según la empresa y los tipos de redes, sin embargo, se debe considerar aspectos generales compartidos orientados a la extensión de la vida útil de la red y evitar deterioros de estas.

Tabla 28 - Traslado e instalación de redes en el agua

ACTIVIDAD	DESCRIPCION
Traslado de redes	Las redes deben ser trasladadas en contenedores y/o lonas especiales para este fin, deben ser trasladadas con estrobos, nunca desde las orejas de la red
Instalación de redes	Antes de la instalación chequear el código de individualización de la red de cultivo (crotal de identificación, código QR u otro) Las maniobras con grúas y elementos mecánicos de apoyo a la instalación de la red deben evitar en todo momento provocar sobreesfuerzos y roturas en esta Las embarcaciones encargadas de realizar estas faenas deberán estar libres de cantos, ganchos o cualquier elemento donde la red se pueda enganchar o romper

ETAPA 3: Lavado de redes in situ (si corresponde), reparaciones en terreno

Con el fin de extender la vida útil de la red y disminuir el peligro de escape de peces, se deben crear e implementar protocolos que incluyan con mínimo los siguientes aspectos

Tabla 29 - Reparación y lavado in situ de redes

ACTIVIDAD	DESCRIPCION
Reparación de redes	<p>No se debe realizar reparaciones en las que se recoge el paño. es decir en la costura la red se produce un “cordon” provocando tenciones en el paño, puntos débiles de gran probabilidad de nueva ruptura.</p> <p>Instalación de parches mismo título y claro de malla que la rotura con costura de paño malla a malla.</p> <p>Todas las costuras y los parches de redes peceras deben ser hechas con hilo de igual o superior titulación a la de la tela. El parche debe ser de resistencia equivalente o superior.</p> <p>Para las costuras de telas loberas se utilizará una titulación mínima de 210/180 u otro material de resistencia igual o superior. En el caso que coincida la unión tela a tela con el encabalgue, se procederá a realizar primero una costura manual de las telas y luego el encabalgue al cabo.</p> <p>De existir corte de cabos o torones de estos; Si son estructurales deben ser reparados con gazas de, al menos, 5 pasadas por torón.</p>
Lavado de redes	En este proceso se debe evitar lavar las redes con equipos que tomen contacto directo con el paño de red, para no dañar las fibras que la conforman

ETAPA 4: Retiro y traslado de redes a taller

Los procedimientos en se deben desarrollar en cada caso según la empresa y los tipos de redes, sin embargo, se debe considerar aspectos generales compartidos orientados a la extensión de la vida útil de la red y evitar deterioros de estas.

ACTIVIDAD	DESCRIPCION
Retiro de redes	Antes del retiro chequear el código de individualización de la red de cultivo (crotal de identificación, código QR u otro), Las maniobras con grúas y elementos mecánicos de apoyo al retiro de la red deben evitar en todo momento provocar sobreesfuerzos y roturas en esta Las embarcaciones encargadas de realizar estas faenas deberán estar libres de cantos, ganchos o cualquier elemento donde la red se pueda enganchar o romper
Traslado de redes	Las redes deben ser trasladadas en contenedores y/o lonas especiales para este fin, deben ser trasladadas con estrobos, nunca desde las orejas de la red

ETAPA 5: Trabajos en taller: Recepción, descarga, acopio, lavado, tensiometría, reparación, pintura, almacenamiento. A continuación, se describen los procesos en taller de redes (mantención).

Tabla 30 - Trabajos en taller

ACTIVIDAD	DESCRIPCION
Recepción de redes y solicitud de guía de despacho	Las redes se reciben con guía de despacho emitida por encargado del centro de cultivo. Cada camión cargado con redes llegará al taller con guías de despacho independientes identificadas con sus respectivos códigos de individualización de la red de cultivo (crotal de identificación, código QR u otro).
Descarga de redes	Las redes se descargarán de los camiones tomadas de estrobos (Contenedor o lona de traslado), no de las orejas de la red. Lo anterior para evitar desgarrar el paño de red
Acopio de redes	Las redes deben ser almacenadas en patios de acopio habilitados y demarcados claramente
Lavado de redes	El equipo de lavado de red debe estar libre de Elementos que afecten la fibra por abrasión En este proceso se debe evitar lavar las redes con presencia de chorito o picorocos, para no dañar las fibras que forman la red
Tensiometría	Antes de comenzar la reparación de la red deben ser sometidas a pruebas de tensiometría (tensiómetro móvil o muestras a laboratorio) Se tomarán 9 muestras distribuidas de la siguiente forma: - Boca: 3 muestras equidistantes bajo el cabo de media agua de acuerdo con la geometría de la red de contención

	<ul style="list-style-type: none"> - Pared: 3 muestras equidistantes entre el cabo de media agua y fondo de acuerdo con la geometría de la red de contención. - Fondo: 3 muestras distribuidas en el fondo de la red de contención
	La resistencia mínima será según resolución Ex. 1821 y sus modificaciones. Las redes que no cumplan con este criterio serán dadas de baja.
Reparación de redes	Parches de tamaño máximo de 3 m x 3 m, se deben realizar con paño mayor o igual título o resistencia que el paño original
	Hilos de costura; encabalgue y parches mayor o igual título o resistencia que el paño original
	Posterior a la reparación, las redes se deben encontrar en las siguientes condiciones <ul style="list-style-type: none"> - Sin roturas en el paño - Sin cabos estructurales dañados o cortados - Encabalgues en buen estado (Inspección visual)
	Orejas, gazas y colchas en buen estado (inspección visual)
	Con respecto al armado de redes: las redes que llegan cortadas en varias partes se deben armar en función de los cuerpos originales o reemplazar por cuerpos nuevos o cuerpos de resistencia igual o superior a la que se está reparando
	Con respecto a cabos, si se encuentran cabos con más de medio torón cortado o desgastado por fricción u otro factor, este debe ser cambiado en la totalidad de la longitud del segmento, siempre se debe asegurar la continuidad de los cabos
	No se debe realizar reparaciones en las que se recoge el paño, es decir, no provocar “cordones” que concentran tensiones y provocan zonas de debilidad del paño
Pintura	El proceso de pintura provoca disminución de resistencia del paño de red, la que debe estar tabulada para cada tipo de pintura y paños de red a fin de cumplir con la resolución exenta N°1821
Almacenamiento	Las redes deben ser almacenadas en patios de acopio habilitados y demarcados claramente, protegidas de los efectos de los rayos UV, acción de aves y roedores.

8.3.5.2 Fallas y acciones correctivas en el proceso de mantención de redes

A continuación, se presentan las fallas más comunes de encontrar en el proceso de mantención y/o reparación de redes y sus respectivas acciones correctivas (Tabla 31).

Tabla 31: Fallas y acciones correctivas en el proceso de mantención y reparación de redes

FALLAS		ACCION CORRECTIVA
Roturas	En paños con tamaños de malla de 1” a 2,5” y con roturas de 3x3 barras o más.	Parche con malla pasada en una barra alrededor de todo el perímetro y puesto en el sentido de trabajo del paño
	En paños con tamaños de malla de 1” a 2,5” y con roturas de 3x2 barras o menos.	Reconstrucción de malla. Nudos no deben correr.
	En paños con tamaños de malla mayores a 8” con roturas de 3x2 barras o mas.	Parche con malla pasada en una barra alrededor de todo el perímetro y puesto en el sentido de trabajo del paño.
	En paños con tamaños de malla mayores a 8” con roturas de 3x2 barras o menos.	Reconstrucción de malla. Nudos no deben correr.
Medidas deficientes		Ajustar con puntillas o franjas (pañó adicional incorporado a la red para lograr medida de plano) hasta alcanzar las dimensiones estándar establecidas en el plano. Las puntillas son hechas en una proporción no menor de 3:1 (profundidad: ancho) reemplazando la relinga vertical hasta el horizontal más próximo. La máxima profundidad de la puntilla no deberá sobrepasar el “cabo de medio” (10 m. Aprox.).

Costura cordón (remiendo de paño) frente a una rotura reparada in situ (en el agua)	En taller de redes, eliminar costura cordón y colocar en su lugar un parche o reconstruir la malla según corresponda.
Discontinuidad de Cabos	Si son estructurales deben ser reparados con colchas de, al menos, 5 pasadas por torón. Si no son estructurales deben ser reemplazados. (colchas: unión de los cordones de un cabo torciéndolos unos con otros).
Encabalgues sueltos, picados o desgastados	Cortar los existentes y encabalgar nuevamente.
Unión de paños en mal estado	Reforzar manualmente.
Unión de paños hecho a máquina – Buen estado	Refuerzo manual siempre. Cada 10 cm. Ballestrinque doble
Unión de paños hecho a máquina – Mal estado	Refuerzo manual continuo.
Suciedad	Limpiar hasta que la red alcance un nivel de limpieza aceptable a juicio experto.
Cordones cortados	Un cabo deberá ser reemplazado en un 100% cuando tenga más de medio cordón cortado. El reemplazo deberá ser siempre con cabos de las mismas características (mm de diámetro, resistencia, material, etc.) o superior.
Inexistencia de oreja en el centro del fondo de la red pecera	Colocar orejas fijadas firmemente con gazas. Esta oreja servirá para maniobras de recambio de red.
Orejas de Tamaño deficiente	Insertar un cabo en forma de oreja o gaza del mismo diámetro del cabo estructural o cambiar oreja.

Adicionalmente se recomienda ejecutar acciones de control de calidad que asegure la correcta aplicación de las etapas de su ciclo de vida para extender la vida útil de las redes.

8.3.5.3 Control de calidad de redes post-reparación

El objetivo principal del control de calidad es describir las actividades realizadas en los talleres de redes que permita evaluar el cumplimiento de los estándares para los procesos de mantención de redes.

El control de calidad se debe realizar una vez ejecutados todos los procesos de mantención de las redes y que se encuentran listas para el despacho. Las redes serán elegidas aleatoriamente por el personal de Control de Calidad. El método de revisión se detalla en la Tabla 32.

Tabla 32: Método de revisión de la red lista para despacho

Nombre Actividad	Descripción
Extender	La red deberá ser extendida en todo su largo de manera que facilite la revisión. Si el espacio no lo permite deberá dividirse en dos o en tres partes para asegurar que la red será revisada en toda su superficie
Medición de perímetro Boca	El perímetro será calculado como la suma de las distancias entre relingas verticales a la altura de la “relinga de metro”, no en la boca. Esta medición entre relingas se efectuará con dos personas halando en sentido contrario de manera de tensar el cabo perimetral, cuando esté completamente tenso se medirá su largo dejándolo registrado en un cuaderno de notas. Al final, cuando se hayan medido todas las distancias se sumarán para calcular el perímetro que deberá ser el especificado. Con referencia a las medidas de plano aceptan una tolerancia del 5%
Medición de Alto	Se hará de la misma forma que la medición de perímetros, pero en este caso se medirán con la huincha las distancias entre relingas horizontales. Una red será rechazada si su alto no está dentro del rango aceptable en referencia a las medidas de plano aceptan una tolerancia del 5%
Evaluación del nivel de limpieza	Una red será aceptada para despacho sin impregnación si puede ser catalogada como “limpia” si debe ser enviada a impregnación. En caso contrario se procederá a su limpieza manual o relavado. (La inspección visual no registra restos de materia orgánica, hilos y nudos sin presencia de elementos extraños al paño de la red)
Adujado	<p>Posterior a la revisión la red deberá ser adujada, preferentemente de forma manual. Podrá hacerse con grúa horquilla siempre y cuando esté adaptada de forma que evite el rompimiento de la red por daño mecánico.</p> <p>En caso contrario, si el Control de Calidad determina que la grúa está dañando la red con la horquilla, se deberá hacer de forma manual hasta que la grúa no sea adaptada.</p>

Dado lo anterior, se reconoce que de las etapas presentadas y de las actividades asociadas a cada etapa, la reparación de redes es un punto crítico y por lo tanto requiere especial atención para evitar

fallas y por ende, escape de peces. En este contexto se presentan las siguientes acciones que establecen las condiciones mínimas a considerar en la reparación de redes ante roturas:

1. En el caso de existir un cordón de un cabo estructural cortado más de un 50% deberá ser reemplazado en un 100% en la totalidad de la longitud del segmento, siempre se debe asegurar la continuidad de los cabos. El reemplazo deberá ser siempre con cabos de las mismas características (mm de diámetro, resistencia, material, etc.) o superior al original.
2. En el caso de existir encabalgues sueltos, picados o desgastados, se deberá cortar los encabalgues existentes y encabalgar nuevamente.
3. En el caso de roturas en paños flexibles o de polímero, donde la rotura iguale o exceda un área de 3x3 barras, se debe realizar un parche con al menos una malla sobrepuesta o traslapada por todo el perímetro de la rotura. Además, el paño utilizado como parche debe ser instalado en el mismo sentido de trabajo y de una titulación igual o superior al paño original. En el caso que el corte sea de menor área indicada o lineal, es posible reconstruir mallas.
4. Los parches no deben exceder una dimensión de 3x3 m de ser mayor se deberá reemplazar el cuerpo completo del paño de red delimitado por los cabos estructurales de la red.
5. En el caso de detectar roturas en la red de contención o red lobera cuando estas están en pleno proceso productivo en el agua, se podrá realizar reparaciones de fortuna de manera de evitar cuanto antes el escape de peces. Una vez en mantención, deberá repararse de acuerdo a lo indicado anteriormente.

8.4 Resultados OE4: Determinar los elementos técnicos para la verificación y certificación de las redes, y entregar una propuesta de los protocolos para dichas verificaciones y/o certificaciones.

El presente objetivo se presenta en dos secciones, la primera presenta los protocolos de verificación y certificación de redes para la acuicultura, donde se señala la necesidad de un sistema de certificaciones que permite documentar todas las intervenciones que tienen las redes. La segunda parte, presenta un sistema de trazabilidad propuesto, el cual puede ser considerado como información que pudiese estar contenida bajo un código de individualización manejado por la empresa usuaria o salmonera.

8.4.1 Protocolo de verificación y certificación de redes para la acuicultura

Para ejecutar un protocolo de verificación y certificación, se propone realizar un sistema de certificaciones que permita controlar todas las intervenciones realizadas a la red desde su elaboración hasta su disposición final. En este contexto, un código de individualización de red debe estar compuesto de tal forma que se identifique el nombre de la empresa usuaria o salmonera y código único de red; como, por ejemplo, "Salmon 001". Este código debe estar instalado físicamente en la red de manera que sea fácilmente detectable por el certificador, lo cual se complementa con el numeral 88 de la Rex 1821 y sus modificaciones.

Dado lo anterior, y en el contexto de la situación actual presentada en el objetivo 3, se propone la generación de certificados que establecen puntos de control durante el ciclo de vida de la red. Estos certificados deben ser emitidos por el productor de paños de red (certificado de paño de red), taller

de redes (certificado de red de contención y/o red lobera y certificado de mantención) y empresa usuaria (Certificado de disposición final), completando en total 4 certificados:

1. Certificado de paño de red
2. Certificado de la red de contención o lobera
3. Certificado de mantención
4. Certificado de disposición final

1. Certificado de paño de red

El certificado del paño de red lo emite el productor de paños de redes (fabricante de paño de red)), quien debe incorporar en su certificado la siguiente información:

- a) Información de empresa productora: Nombre, Rut, dirección, giro, datos de contacto
- b) Ficha técnica de paños de red: cantidad de tela (m²), material, construcción, titulación, diámetro del hilo o hebra, tamaño de malla, largo de barras, Densidad del material, módulo de elasticidad del material, especificar si es con o sin nudos.
- c) Detalle producción: Fecha de producción del paño de red, fecha de venta del paño de red, origen de la fibra, lugar de fabricación del paño de red.
- d) Documento que indique la resistencia a la ruptura del paño de red (Mas detalle del documento en obj 5):
 - 1) identificación del laboratorio: Nombre, Código o nombre de la certificación del laboratorio, Nombre del técnico que realiza ensayo, acreditación del técnico, Persona responsable, fecha.
 - 2) información del ensayo: Norma utilizada (DIN 53844; ISO 1806 o JIS 1043); Material, título, código ensayo, condición, velocidad, pretensión, diámetro de barra (hilo), numero de repeticiones, Humedad, Temperatura.
 - 3) Resultados: Carga a la ruptura (kgf), elongación, % deformación, promedio, DS, CV, grafico, y conclusión del análisis.

2. Certificado de la red de contención y lobera

El certificado de la red de contención o lobera lo emite el fabricante de la red de contención de peces y/o el fabricante de las redes loberas (Artes de cultivo). El certificado debe contener como mínimo la siguiente información, la cual se complementa a lo solicitado en la R Ex 1821 y sus modificaciones:

- a) Información de empresa productora: Nombre, Rut, dirección, giro, datos de contacto
- b) Ficha técnica: Fecha de producción de la red de contención de peces o red lobera, detalle de componentes como cabos, hilos de costura, elementos de conexión, o cualquier otro que se utilice en la fabricación. El detalle debe incluir, cantidad y materialidad de todos los componentes de la red. Además, debe incluir un detalle de todos los tratamientos aplicados como pintura, lavado, tratamientos térmicos, entre otros.

- c) Planimetría: Se debe incluir plano con ingeniería de detalle de la red que contenga al menos la siguiente información: Dimensiones generales de la red, peso seco de la red, detalle de cantidad y materialidad de todos los componentes utilizados en la jaula como cabos, zippers, hilos, elementos de conexión, entre otros.
- d) Documento que indique la resistencia a la ruptura del paño de red, en el caso que la red sea sometida a tratamiento del tipo pintura u otro que potencialmente disminuya la resistencia a ruptura original.

3. Certificado de mantención

El certificado de mantención lo emite la empresa dedicada a la mantención de redes de contención de peces y redes loberas. El certificado que emite esta empresa debe contener como mínimo la siguiente información, la cual se complementa a lo solicitado en la R Ex 1821 y sus modificaciones:

- a) Información de empresa de mantención: Nombre, Rut, dirección, giro, datos de contacto
- b) Información de la red: Código de individualización generado por la empresa propietaria de la red, fechas de ingreso y salida desde la empresa de mantención, Documento que indique la resistencia a la ruptura del paño de red, (Mas detalle del documento en obj 5), Descripción de roturas y reparaciones realizadas a las redes, apoyo fotográfico de las roturas y reparaciones, Detalle de tratamientos aplicados como pintura, lavado, tratamientos térmicos, entre otros.

4. Certificado de disposición final

Si el certificado de resistencia de redes de acuicultura cumple con los estándares establecidos en la Res Ex N° 1821 y sus modificaciones, estas podrán ser utilizadas en la concesión de cultivo señalada. De lo contrario, si la red no cumple con las condiciones mínimas para ser utilizada nuevamente, la red deberá ser dada de baja y el propietario de la red deberá emitir un certificado de disposición final indicando si se depositó en vertederos o se recicló de acuerdo con las normativas vigentes y específicas que regulan la disposición final estos activos.

Para verificar si este proceso se cumple, el organismo fiscalizador competente en el área podrá solicitar la carpeta digital o física a la empresa propietaria de las redes de contención de peces y redes loberas, para chequear la existencia de los certificados antes detallados. Para esto, el propietario deberá contar con un control de cada una de las redes, identificándolas con un código de individualización de las redes, el cual debe ser único para cada red de contención de peces y redes loberas y con todos los certificados asociados a cada red.

Los certificados mencionados deben estar en posesión del propietario de la red o empresa usuaria en una carpeta física y digital, que dé cuenta de toda la información técnica de la red de contención o lobera nueva, de las mantenciones realizadas y las fechas correspondientes al ingreso y salida del agua, durante el ciclo de vida de la red, los cuales se encuentran resumidos en la Figura 65.

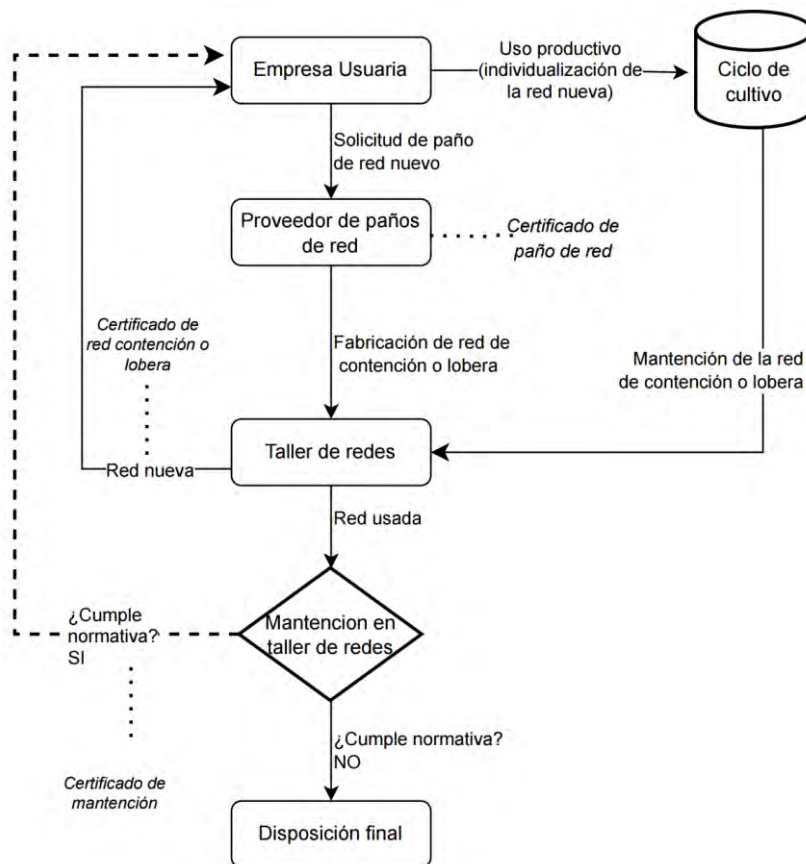


Figura 65: Diagrama propuesto para la emisión de certificados. Poner en rojo lo nuevo y modificar nombre diagrama

La verificación de las redes deberá ser efectuado por el titular de acuerdo con lo establecido en la R Ex 1821 y sus modificaciones considerando los siguientes ítems:

Inspeccionar el código de individualización de la red (crotal, código QR u otro como lo establecido en la R Ex. 1821). Una vez identificado el código, deberá revisar la existencia de todos los certificados antes señalados, asociados al código de identificación, los cuales deben estar disponibles en el centro de cultivo de manera digital o física.

Por otra parte, el titular de las redes deberá efectuar una inspección submarina para verificar que las redes se encuentran en perfectas condiciones, esto significa, sin rotura de paños de red, cabos completos sin presentar cortes y verificar visualmente el estado integral de la red de confinamiento y red lobera, en complemento a lo referido en la R Ex 1821 y sus modificaciones.

Por otra parte, **la certificación** deberá ser efectuada por el certificador quien deberá examinar la existencia del código de individualización de las redes de confinamiento y lobera. Al mismo tiempo, deberá revisar que cada red contenga los certificados antes señalados, los cuales deben estar disponibles en el centro de cultivo de manera digital o física, corroborando que todos los procedimientos detallados en la R Ex 1821 y sus modificaciones se encuentren ejecutados. Además, deberá realizar una inspección submarina donde se muestree al menos un 30% del total de numero de redes de confinamiento, considerando las jaulas cabezales del tren o módulo de cultivo. Dicho

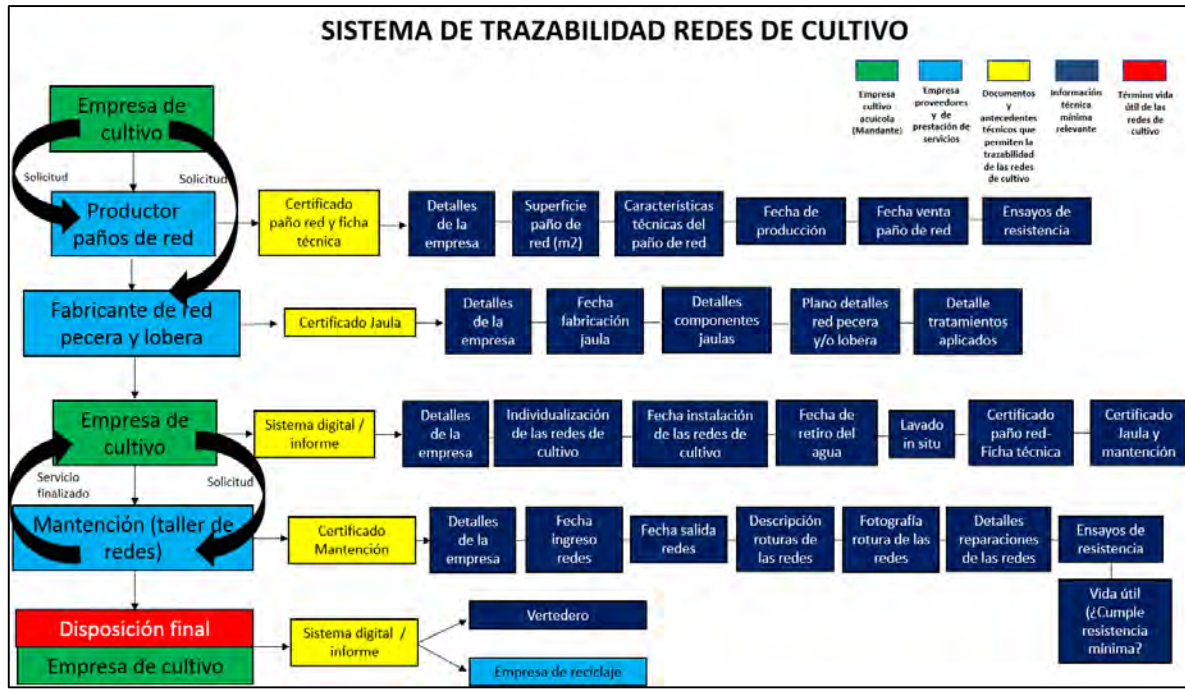
muestreo, debe inspeccionar que no existan roturas en los paños de red, cabos y accesorios. De existir daños, el titular deberá reparar *in situ* dichos daños de manera que asegure que no se escapen los peces, estas reparaciones son conocidas en la jerga acuícola reparaciones de fortuna.

8.4.2 Propuesta de sistema de trazabilidad para redes de contención y redes loberas

Los elementos técnicos determinados para realizar las pruebas de resistencia y verificar la integridad estructural de las redes de cultivo permiten certificar el proceso y calidad de la información obtenida a través de pruebas de laboratorio e informes técnicos. Estas pruebas de laboratorio frecuentemente se rigen bajo las normativas ISO 1806, DIN53844 y JIS L 1043, determinando los tópicos de dimensión de las muestras y preparación de las muestras, tipos de máquina de ensayo de tracción, condiciones atmosféricas para el ensayo, el número de pruebas, velocidad prueba ensayo, entre otros parámetros. Posterior a realizar las pruebas de ensayo, estas normativas exigen un informe técnico que contenga al menos: El método de muestreo empleado, una descripción de la red, el rango de indicación empleado para la medición de la carga, el tipo de dispositivo de sujeción de las mallas: pasador, gancho o bucles, número de probetas ensayadas (número de mallas rotas en los nudos o en las juntas), el número de mallas rotas fuera de los nudos o juntas. La carga de rotura media del coeficiente de variación e intervalo de confianza si es necesario, la carga de rotura de la malla y cualquier desviación del procedimiento de prueba especificado. El informe técnico como resultado nos permite alimentar un sistema de trazabilidad de las redes de cultivo, desde que el mandante (empresa productora de salmones) solicita al productor redes los paños de red. Luego, los paños de red pasan al taller de redes, donde se fabrican las redes de contención y/o loberas. Posteriormente estas redes se instalan en los centros de cultivo hasta que son extraídas o sujetas a mantención de acuerdo con los requerimientos del mandante. Esta mantención, frecuentemente se realiza en un taller de redes y actualmente, según las entrevistas del presente proyecto, se realizan pruebas de resistencia a las redes sujeto a las normativas mencionadas anteriormente, con el fin de extender la vida útil o determinar si su ciclo de vida finaliza. Este proceso productivo de la red, las pruebas de resistencia, los informes técnicos y la información del mandante, nos permite generar un sistema de trazabilidad que en términos normativos contribuyen a facilitar la verificación y certificación las redes de cultivo.

Desde el punto normativo, el sistema de trazabilidad de las redes de cultivo considera certificados e informes de cada una de las etapas del proceso productivo, con el fin de generar un sistema digital o análogo (carpeta) que pueda ser fiscalizado por la entidad pertinente, verificando información actualizada y correspondiente a la solicitud de las normativas vigentes. El sistema de trazabilidad para las redes de cultivo se puede observar en la siguiente Figura.

Figura 66 - Sistema de trazabilidad de las redes de cultivos verificadas y certificadas



En la Figura 66, el sistema de trazabilidad se compone de 5 elementos claves para representar el proceso productivo que permita verificar y certificar el uso de las redes de cultivo. Estos elementos son: 1) el mandante (empresa de cultivo acuícola), 2) las empresas proveedoras y de prestación de servicios, 3) los documentos y antecedentes técnicos que permiten fiscalizar la trazabilidad de las redes de cultivo, 4) la información técnica mínima relevante que deben tener estos certificados y 5) la información específica del término de vida útil de esta red, identificando su disposición final. Este sistema de trazabilidad se subdividió en 5 etapas de acuerdo con los participantes del proceso productivo. En la primera etapa del sistema de trazabilidad (Figura 67) la empresa de cultivo (mandante) solicita paños de red al productor, este productor debe certificar el paño de red y generar una ficha técnica que permita identificar y caracterizar sus propiedades. Este certificado debe poseer detalles de la empresa productora (nombre, Rut, teléfono, correo, dirección, giro de la empresa, entre otros.), la superficie de los paños debe estar en m², las características técnicas del paño de red (material, construcción, titulación, diámetro, tamaño de malla, etc.), fecha de producción del paño de red, fecha venta del paño de red y ensayos de resistencia a la ruptura de acuerdo con normas internacionales de los paños de red nuevo, certificando su resistencia.

Figura 67 -Primera etapa del sistema de trazabilidad



En la segunda etapa del sistema de trazabilidad (Figura 68), el mandante solicita a una empresa prestadora de servicio que fabrique la red de contención o red lobera de acuerdo con requerimientos específicos. Esta empresa que fabrica las redes de contención y loberas debe generar un certificado de jaula que especifique los detalle la empresa productora (nombre, Rut, teléfono, correo, dirección, giro de la empresa, entre otros.), la fecha de fabricación de la jaula, los detalles de los componentes de las jaulas con planimetría (elementos de conexión, hilos de costura, peso red, dimensiones, materiales, etc.) y finalmente detalles si se aplicó algún tipo de tratamiento a la red de cultivo.

Figura 68 - Segunda etapa del sistema de trazabilidad



En la tercera etapa del sistema de trazabilidad (Figura 69), la jaula luego de ser fabricada y preparada para instalarse en alguna concesión de cultivo. El mandante debe generar un sistema digital o una carpeta con informes que contenga el detalle de la empresa de cultivo acuícola (nombre, Rut, teléfono, correo, dirección, giro de la empresa, entre otros.), un número, código en barras, QR, etc., que individualice las redes de cultivo a través de un crotal único, indicando el material, tamaño de malla, entre otros parámetros. Este sistema o carpeta también debe poseer la fecha de instalación de las redes de cultivo, especificaciones del lavado in situ, respaldado con un certificado de limpieza, el certificado del paño de red con su ficha técnica, certificado de jaula y mantención, en simples palabras, todos los documentos que se solicitan en el protocolo que permite la trazabilidad de la red de cultivo,

Figura 69 - Tercera etapa del sistema de trazabilidad



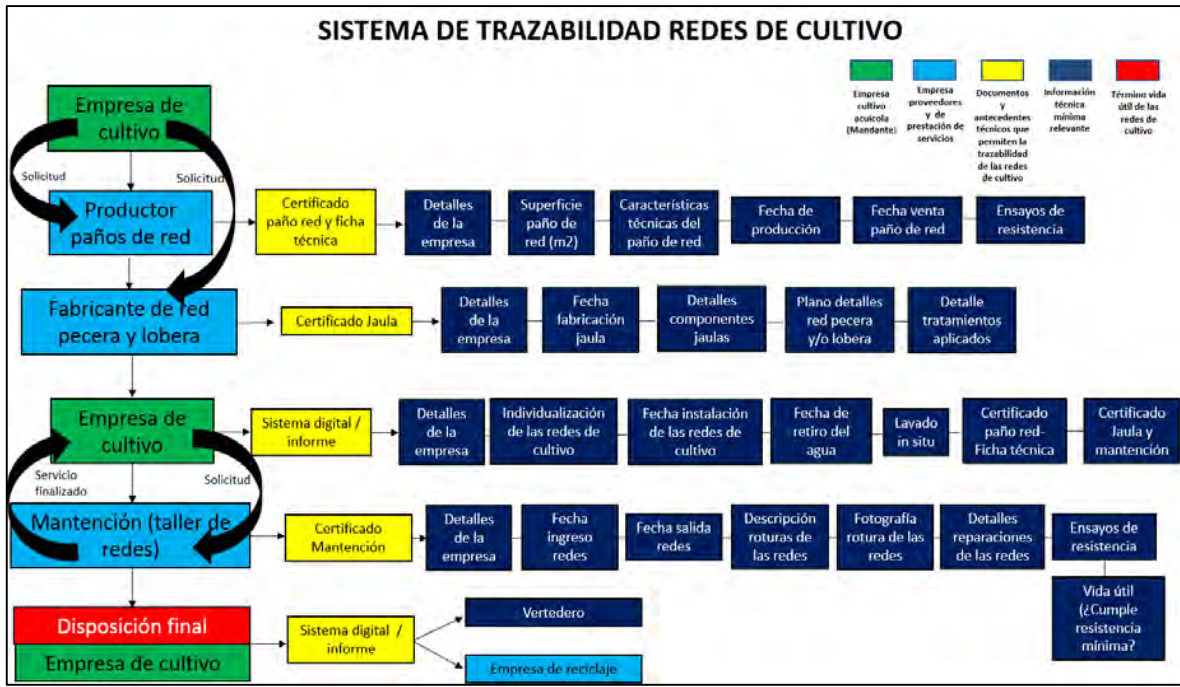
En la cuarta etapa del sistema de trazabilidad (Figura 70), luego de que la red estuvo en el agua, el mandante solicita una mantención para extender su vida útil y conservar lo más posible un activo que es valioso dentro de la actividad, considerando que contiene los peces y evita desastres económicos como ecológicos. En esta etapa la empresa prestadora de servicios frecuentemente denominados talleres de redes, deben generar un certificado de mantención que detalle la información de la empresa (nombre, Rut, teléfono, correo, dirección, giro de la empresa, entre otros.), la fecha de ingreso y salida de las redes, ensayos de resistencia, descripción de las roturas de las redes (número de roturas, área de rotura, etc.), fotografía de la rotura de las redes y detalle de las reparaciones de las redes. Cabe considerar que se considera realizar los ensayos de resistencia como máximo 3 meses antes de instalar nuevamente en el agua. En el caso de no cumplir con el ensayo de resistencia, esta red debe ser dada de baja.

Figura 70 - Cuarta etapa del sistema de trazabilidad



En la quinta y última etapa (Figura 71), en el caso de no cumplir con los ensayos de resistencia, la red debe ser dada de baja y debe ser devuelta al mandante. Finalmente, el mandante debe generar la disposición final de acuerdo con las normativas vigentes y específicas que lo regulan, indicando si se depositó en vertederos o se dirigió a una empresa de reciclaje.

Figura 71 - Quinta y última etapa del sistema de trazabilidad




8.5 Resultado OE5: Proponer los requisitos que deben cumplir los laboratorios o talleres especializados en redes, para cumplir con una normativa de certificación de redes.

Los laboratorios que realizan pruebas de resistencia de redes se basan en normas DIN 53844; ISO 1806 o JIS 1043. El cumplimiento de esas normas requiere que los ensayos y muestras estén bajo condiciones estándar (ISO 139), para lo cual poseen equipos tensiómetros de tipo universal con diferentes características de capacidad de medición, sin embargo, coinciden en que son equipos estacionarios, de velocidad controlable, instalados en laboratorios exclusivos para estos efectos, Estos están operados por personal técnico capacitado ejemplo de estos laboratorios son los de Badinotti, FIMAR, FISA y NITTO.

Los talleres de redes poseen en su mayoría equipos portátiles que no cumplen con los procedimientos descritos para cumplir con las normas DIN 53844; ISO 1806 o JIS 1043. En estos casos es necesario que envíen muestras de redes a laboratorios acreditados para estos efectos o que los propios talleres habiliten y acrediten laboratorios ad hoc para cumplir con las normas de medición de resistencia de redes. Las muestras de redes deben ser sometidas a pruebas en estos recintos acreditados.

Es indispensable que los laboratorios de materiales cuenten con equipos certificados por organismos reconocidos en Chile (Cesmeq, Dictuc, Idiem u otro), ejemplo (Figura 72). En esta etapa los equipos móviles o de terreno deben estar homologados y aplicar la norma ISO 139.

CESMEC S.A. - Una Empresa Bureau Veritas CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN Laboratorio de Calibración en la Magnitud Fuerza		
Certificado de Calibración: SMH-20972 Fecha de Emisión: 2023-01-14 Orden de Trabajo: 531494		
DATOS DEL CLIENTE Y DEL INSTRUMENTO		
Cliente	COMERCIAL FIMAR CHILE LTDA.	
Dirección	Av. Juan Soler Manfredini N°11 Of. 803 -Puerto Montt	
Descripción del Item	Maquina Uniaxial Para Ensayos	
Marca	INSTRON	
Modelo	ERIC-23-20	
N° de Serie / Código Interno	2320P-0051 / N/A	
Sello de Calibración	A-61309	
DATOS DE TRAZABILIDAD		
Patrón Utilizado	Celda De Carga	
Número Identificación	FC-22 TRACCIÓN — FC-6 (T) SCOUT 2 — FC-22 TRACCIÓN	
Marca	Revere Transducers — Revere Transducers — Revere Transducers	
Tipo	9363-B10-500-20T1R — 9363-B10-2K-20T1 — 9363-B10-500-20T1R	
Certificado de Calibración	LCPNF-029.21 — LCPNF-058.21 — LCPNF-029.21	
Clase del Patrón	1 — 1 — 1	
Próxima Calibración del Patrón	2023-07-07 2023-12-23 2023-07-07	
Emitido por	Laboratorio Custodio de los Patrones Nacionales de Fuerza	
Trazabilidad Inmediata	Laboratorio Custodio de los Patrones Nacionales de Fuerza - IDIC	
DATOS DE CALIBRACIÓN		
Lugar de la calibración	Laboratorio Comercial Fimar uan Soler Manfredini N°11 Of. 803 -Puerto Montt	
Condiciones ambientales	(21 ± 0,6) °C (50 ± 6) %	
Método / Procedimiento	NCh 2598/1.Of2009 / PCE 131/700 - 702 Rev.17	
Fecha de calibración	2022-12-29	
<p>Los patrones utilizados en la calibración cuentan con trazabilidad a patrones nacionales y/o internacionales los que a su vez están referidos a patrones primarios de acuerdo al Sistema Internacional (SI).</p> <p>El Laboratorio de Calibración posee la competencia técnica y cumple con las exigencias de la Norma NCh-ISO 17025 "Requisitos generales para la competencia de los Laboratorios de Ensayo y Calibración".</p> <p>Los resultados de la calibración están referidos al momento y condiciones en las cuales fueron efectuadas las mediciones.</p> <p>Este Certificado de Calibración no puede ser reproducido total o parcialmente, excepto con el permiso del Laboratorio emisor.</p> <p>El Laboratorio no asume responsabilidad por daños posteriores a la calibración, ocasionados por el mal empleo del instrumento o patrón.</p> <p>Los resultados obtenidos sólo están relacionados a los ítems calibrados.</p>		
		Roland González Ulloa Supervisor de Laboratorio
FORM 700-702.1 Rev.00		Página 1 de 4

Código Verificación: 6f355d1f76 - Verificar en <https://firmador.bureauveritas.cl/verificacion>

Notas generales asociadas al alcance de los certificados: <https://firmador.bureauveritas.cl/NotasGenerales>
 Este documento se encuentra autorizado con firma electrónica avanzada. La validez de este documento está dada por la Ley N°19.799.

Figura 72: Ejemplo de certificado de calibración emitido por CESMEC

Los requisitos que deben cumplir los laboratorios o talleres especializados en redes, para cumplir con la certificación de resistencia a la ruptura de paños de red.

Solo serán inscritos en el registro los chilenos o extranjeros que cuenten con permanencia definitiva. En el caso de persona jurídicas, deberán encontrarse constituidas en Chile.

Los laboratorios deberán ser certificados por un certificador que debe acreditar que el laboratorio cumple con los requisitos mínimos para realizar análisis de tensiometría para las redes de la acuicultura. Los requisitos que deben cumplir los laboratorios son los siguientes:

- 1.- Disponer de un espacio adecuado en términos de aislación térmica y superficies de trabajo, delimitado en forma precisa al menos las siguientes áreas; áreas de recepción de muestras, área de aclimatación de muestras, zona de pruebas. Además, el espacio debe ser dedicado exclusivamente para estos fines.
- 2.-Contar con una distribución apropiada de espacios, equipos y personal para estos fines. Cumpliendo con los requisitos de temperatura y humedad estándar según norma ISO 139.
- 3.-Disponer de sistema de registro y archivo de la información referente a recepción, manejo y datos de las muestras y resultado de estas.
- 4.-Los equipos de tensiometría deberán contar con calibración vigente emitida por organismo reconocido en Chile (CESMEC, IDIC, IDIEM, entre otros)
- 5.-Contar con acreditación conforme a norma CH17.025-2005 o su equivalente ante el sistema nacional de Acreditación administrado por el instituto Nacional de Normalización o el que lo reemplace.
- 6.-Los laboratoristas deberán contar a lo menos con título técnico pesquero, acuícola o carrera a fin, no inferior a cuatro semestres de duración y un curso específico de materiales y tecnología de redes de acuicultura.

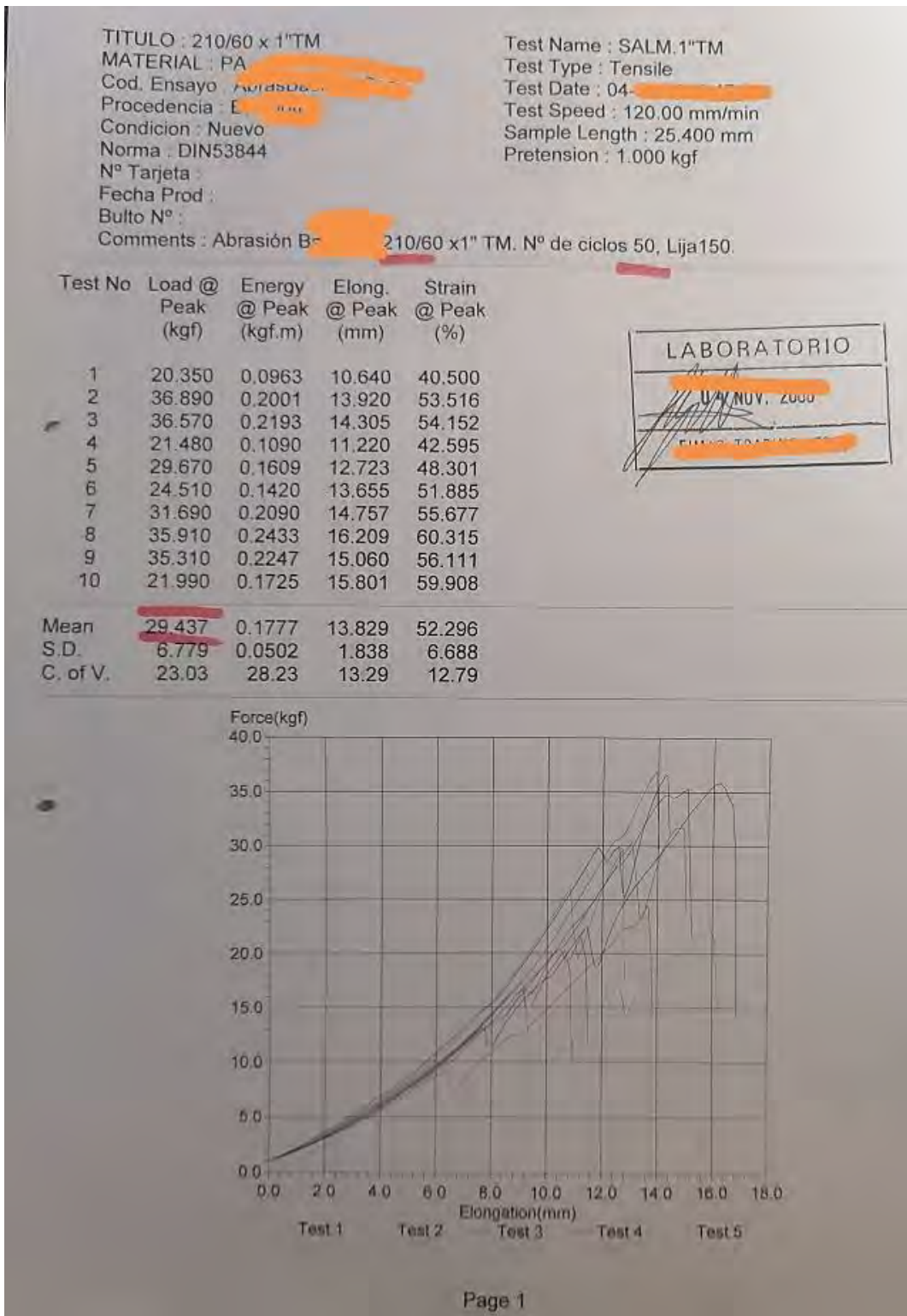
Por otra parte, los laboratorios emitirán un documento que indique la resistencia a la ruptura de los paños de redes de acuicultura provistos por la empresa usuaria o salmonera. Donde el documento en cuestión debe contener como mínimo los siguientes datos y elementos;

- 1) identificación del laboratorio: Nombre, Código o nombre de la certificación del laboratorio, Nombre del técnico que realiza ensayo, acreditación del técnico, Persona responsable, fecha,
- 2) información del ensayo: Norma utilizada (DIN 53844; ISO 1806 o JIS 1043); Material, título, código ensayo, condición, velocidad, pretensión, diámetro de barra (hilo), número de repeticiones, Humedad, Temperatura.
- 3) Identificación de la red (crotal), Empresa mandante, si corresponde.
- 4) Resultados: Carga a la ruptura (kgf), elongación, % deformación, promedio, DS, CV, grafico, y conclusión del análisis.

Para la certificación de una red de acuicultura, un Certificador, indicado en la R Ex 1821 y sus modificaciones, deberá acreditar lo siguiente:

- a) La red de contención o lopera cumpla con los requisitos mínimos para ser instalada en centro de cultivo señalado por el salmonero, revisando los resultados del documento de resistencia a la ruptura de paños (ejemplo en Figura 73) de red emitido por el laboratorio, contrastándolo con lo exigido en la R Ex 1821.
- b) El certificador debe contar con título profesional de Ingeniero Pesquero o Acuícola o ingenieros civiles con experiencia en ciencia de materiales y contar con curso de materiales y tecnología de redes de acuicultura
- c) Las pruebas deben estar realizadas en laboratorio acreditado

Figura 73 -: Ejemplo de documento de resistencia a la ruptura de paños



9 DISCUSIÓN

De las normas utilizadas por la industria salmonera, las cuales corresponden a la ISO 1806, DIN 53844 y la JIS 1043 podemos indicar que todas estas son para paños de redes flexibles. De estas normas, la ISO 1806 y DIN 53844 se diferencian básicamente en que esta última considera la variable velocidad de recorrido de la prueba. Mientras que, la norma JIS 1043 es aplicada a paños de construcción torcida sin nudos, ya que el cruce entre hilos que conforman la malla se desplaza al aplicar la fuerza de tensión tal cual se aplica en la norma ISO 1806 y DIN 53844.

Respecto al fouling, existen diferencias en los organismos incrustantes de las redes entre las regiones Los Lagos, Aysén y Magallanes. La principal diferencia, que tiene mayor impacto sobre la resistencia hidrodinámica, son los mitílidos, ya que estos están presentes abundantemente en la región de Los Lagos dada la existencia de bancos naturales. Por otra parte, en orden descendente, el crecimiento del fouling es mayor en la región de Los Lagos, Aysén y Magallanes a un mismo periodo de tiempo, debido a las condiciones ambientales principalmente por la temperatura del agua de mar. Lo anterior, se desprende de las entrevistas realizadas a la industria y el estado del arte.

Por otra parte, del análisis de pruebas hidrodinámicas realizadas en el canal de pruebas hidrodinámicas, podemos evidenciar que tanto la fuerza de arrastre y los coeficientes resistivos se incrementan por efecto del nivel de incrustación frente a un paño de red limpio de las mismas características de diseño y tipo de construcción, lo que genera un efecto directo en las tensiones del sistema de fondeo.

La resistencia a la ruptura es el parámetro cuantitativo más idóneo para determinar la extensión de una la vida útil de una red para la acuicultura. En este sentido, existen parámetros cualitativos (transporte, manejo, pintura, entre otras) que influyen en la vida útil de la red, los cuales no pueden ser cuantificables mediante un instrumento en las distintas actividades o acciones que se realizan en el ciclo de vida de la red, donde las buenas prácticas pueden contribuir a evitar la ocurrencia de eventos que pueden poner en riesgo la integridad estructural de las redes y por ende provocar escapes de peces indeseados.

En la R Ex 1821 y sus modificaciones, se señala en el numeral 47 que son los talleres de redes u otros prestadores de servicios quienes establecen la vida útil de la red. Sin embargo, la vida útil de la red depende en gran medida del manejo que esta tenga y del sitio de cultivo donde esté siendo utilizada y por lo tanto, difícilmente el taller de redes u otro prestador de servicios podrá establecer claramente la vida útil de red. En este sentido, para determinar la vida útil de la red, se deben realizar estudios que permitan parametrizar la vida útil de acuerdo un código de buenas prácticas y el nivel de energía del sitio de cultivo donde se utilizara para el cultivo, generando futuras modificaciones. Por tal motivo los 12 meses de validez del certificado descrito en el numeral 48 de la R Ex 1821 y sus modificaciones, no permite necesariamente cumplir con a lo menos un ciclo de cultivo, siendo un plazo muy conservador para la realidad del sector.

Por otra parte, cabe destacar que no existe una metodología que permita parametrizar la vida útil de la red, algunas alternativas que permiten obtener una estimación de la vida útil de una red para la acuicultura, puede ser en función del nivel de energía del sitio de cultivo, donde se puede realizar tensitometría de muestras de redes de jaulas que operan en distintas categorías de centros de cultivo, realizar un panel de expertos con académicos, proveedores, usuarios, entre otros que puedan dar una

opinión respecto a la vida útil de una red, estudio de fatiga de material nuevo, ya que esto permite cuantificar los ciclos de vida de una red, dando la posibilidad de comparar la vida útil entre distintas redes en unidades de “ciclos”.

10 CONCLUSIONES

OE1

Las principales normas que se utilizan para las pruebas de resistencia a la ruptura en paños de redes flexibles en la industria de la salmónica corresponden a: ISO 1806, DIN 53844 y JIS 1043, siendo similares en la incorporación de elementos técnicos como el tiempo de prueba, velocidad de prueba, número de pruebas, condiciones ambientales – atmósfera y humedad relativa, y procedimientos experimentales del ensayo.

OE2

Para la determinación del coeficiente de arrastre con fouling es posible observar en la prueba experimental que la razón de solidez es cercana al doble del valor en condición de red limpia. Estos valores de razón de solidez inducen coeficientes de arrastre que presentan un aumento entre 1.5 y 2.25 veces el valor respecto al obtenido en condición de red limpia.

Los coeficientes de arrastre obtenidos en los modelos numéricos para las redes limpias son similares a los obtenidos en las pruebas experimentales, mientras que, los coeficientes de arrastre con fouling difieren a los experimentales.

Los coeficientes de arrastre empíricos para redes limpias sobreestiman los valores respecto a las pruebas experimentales y modelos numéricos.

OE3

La resistencia a la ruptura es el parámetro cuantitativo más idóneo para determinar la extensión de una la vida útil de una red para la acuicultura, sin embargo, para minimizar la probabilidad de escape de peces, se hace necesario cumplir con la propuesta de buenas prácticas planteada en este informe.

OE4

Para complementar y mejorar un protocolo de verificación y certificación a las R. 1821 y sus modificaciones, se propone realizar un sistema de certificaciones que permita controlar todas las intervenciones realizadas a la red desde su elaboración hasta su disposición final. Se propone la generación de certificados que establecen puntos de control durante el ciclo de vida de la red. Estos certificados deben ser emitidos por el productor de paños de red (certificado de paño de red), taller de redes (certificado de red de contención y/o red lobera y certificado de mantención) y empresa usuaria (Certificado de disposición final), completando en total 4 certificados.

OE5

Se proponen los requisitos de los laboratorios o talleres especializados para certificar y cumplir los requisitos mínimos para realizar análisis de tensiometría para las redes de la acuicultura. Entregando los requerimientos de los documentos técnicos y certificación de laboratorio y equipos/ instrumentos, destacando el profesional idóneo para certificar las redes de cultivo

11 Taller de difusión

El 16 de enero de 2024 se realizó en la ciudad de Puerto Montt el taller de difusión de los resultados del proyecto FIPA 2022-25. En dicha instancia se contó con la presencia y participación de más de 50 personas representantes de empresas salmoneras (Anexo 5), empresas talleres de redes y empresas proveedoras de redes para la acuicultura, academia, además de la participación de Susana Giglio como representante de la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura.

Durante la ejecución del taller, emanaron algunas observaciones que se presentan a continuación:

1. La norma que se utiliza para evaluar la resistencia de la red (ISO, DIN, JIS) debe ser la misma empleada tanto en la tensiometría presente en el certificado de paño de red como en el certificado de mantención.
2. Los participantes indican que sería interesante evaluar el desempeño hidrodinámico de otros paños de red de distinta materialidad y construcción respecto a los estudios en el presente proyecto tanto en canal de estudios hidrodinámicos como con distintos softwares de simulación.
3. Dado los resultados del objetivo específico 2 “Estimar el coeficiente de arrastre para una red de cultivo de salmones, con fouling”, se observó que las estimaciones de coeficientes de arrastre con redes limpias en los modelos numéricos Aquasim y Ansys son similares a los obtenidos en las pruebas experimentales en el canal de ensayos hidrodinámicos. Sin embargo, al comparar los resultados obtenidos en los paños sucios con fouling, se observó una gran diferencia entre los resultados obtenidos en el modelo numérico de aquasim y en el canal de ensayos, notando una sobreestimación del coeficiente de arrastre en el modelo numérico de aquasim, lo que conlleva a sobreestimar las tensiones en las líneas de fondeo y su dimensionamiento de acuerdo con los requerimientos establecidos en la Rex. 1821 y sus modificaciones. Se recomienda estudiar la reducción del factor de solidez establecido en 0,5 en el numeral 64 de la Rex 1821 y sus modificaciones de manera de contrarrestar la sobreestimación del coeficiente de arrastre y por ende, de las tensiones estimadas con aquasim.
4. Considerar la posibilidad de realizar estudios de tensiometría en el extranjero, ya que en presente estudio, se indica que los laboratorios y máquinas para realizar tensiometría, deben ser certificados y calibrados por organismos reconocidos en Chile como IDIEM, DICTUC, entre otros.
5. Se discute acerca del número de muestras para realizar los estudios de tensiometrías que se deben incorporar al certificado de mantención. No hay conceso respecto al número mínimo de muestras a tomar indicadas en el numeral 46 bis de la Rex. 3362 que modifica la Rex 1821.

En el anexo 4 y 5 se puede observar un set de fotografías y la lista de asistentes al taller de difusión con sus respectivos datos de contacto.

12 REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Aarsnes, J., Rudi, H., Løland, G., 1990. Current forces on cage, net deflection, Engineering for offshore fish farming. In: Proceedings of a Conference Organised by the Institution of Civil Engineers, Glasgow, UK, 17-18 October 1990. Thomas Telford, pp. 137–152.

ANSYS FLUENT User's Guide Release 18.2. ANSYS Inc.

Baier R, Shafrin E., Zisman W. 1968. Adhesion: Mechanisms that assist or impede it. *Science*. 162 (3860), pp. 1360-1368. doi: 10.1126/science.162.3860.1360.

Balash, C., Colbourne, B., Bose, N., Raman-Nair, W., 2009. Aquaculture net drag force and added mass. *Aquacult. Eng.* 41, 14–21.

Beveridge, M.C., 1984. Cage and pen fish farming: carrying capacity models and environmental impact. In: FAO Fisheries Technical Paper 255, Rome, (131 pp).

Beveridge, M.C., 2004. *Cage Aquaculture*. Blackwell Publishing, Third Edition (368 pp).

Bi, C.-W., Balash, C., Matsubara, S., Zhao, Y.-P., Dong, G.-H., 2017. Effects of cylindrical cruciform patterns on fluid flow and drag as determined by CFD models. *Ocean. Eng.* 135, 28–38.

Bi, C.-W., Zhao, Y.-P., Dong, G.-H., 2015a. Numerical study on the hydrodynamic characteristics of biofouled full-scale net cage. *China Ocean Engineering* 29 (3), 401–414.

Bi, C.-W., Zhao, Y.-P., Dong, G.-H., 2015b. Development of a Coupled Fluid-Structure Model with Application to a Fishing Net in Current. *Hydrodynamics - Concepts and Experiments*. pp. 1–22.

Bi, C.-W., Zhao, Y.-P., Dong, G.-H., Xu, T.-J., Gui, F.-K., 2013. Experimental investigation of the reduction in flow velocity downstream from a fishing net. *Aquac. Eng.* 57, 71–81.

Bi, C.-W., Zhao, Y.-P., Dong, G.-H., Xu, T.-J., Gui, F.-K., 2014. Numerical simulation of the interaction between flow and flexible nets. *J. Fluids Struct.* 45, 180–201.

Bloecher, N., Olsen, Y., Guenther, J., 2013. Variability of biofouling communities on fish cage nets: a 1-year field study at a norwegian salmon farm. *Aquaculture* 416, 302–309.

Braithwaite, R., McEvoy, L., 2005. Marine biofouling on fish farms and its remediation. *Adv. Mar. Biol.* 47, 215–252.

Braithwaite, R.A., Carrascosa, M.C.C., McEvoy, L.A., 2007. Biofouling of salmon cage netting and the efficacy of a typical copper-based antifoulant. *Aquaculture* 262, 219–226.

Castilla JC, NA Lagos & M Cerda. 2004. Marine ecosystem engineering by the alien ascidian *Pyura praeputialis* on a mid-intertidal rocky shore. *Marine Ecology Progress Series* 268: 119-130.

Chen, H., Christensen, E.D., 2017. Development of a numerical model for fluid-structure interaction analysis of flow through and around an aquaculture net cage. *Ocean. Eng.* 142, 597–615.

De Nys, R., Guenther, J., 2009. The impact and control of biofouling in marine finfish aquaculture. In: *Advances in Marine Antifouling Coatings and Technologies*. Elsevier, pp. 177–221.

Dexter S. 1979. Influence of substratum critical surface tension on bacterial adhesion in situ studies. *Journal of colloid and interface Science*. 70, 346-354.

FIP, 2011. Informe final “determinación de patógenos de importancia en la salmonicultura, en caligus y moluscos bivalvos”. FIP 2008–66. Fondo de Investigación Pesquera, Subsecretaría de Pesca y Acuicultura. Ministerio de Economía, Fomento y Turismo, Gobierno de Chile (235 pp).
Gelcich, S., Estévez, R., Mardones, F., Carey, J., 2016. Informe Final “Identificación, validación y difusión sobre factores de riesgo para el desarrollo de brotes intensos de Septicemia Rickettsial Salmonídea (SRS) en salmón del Atlántico: una aproximación multi-sectorial”. Programa para la Gestión Sanitaria en la Acuicultura, Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura - Pontificia Universidad Católica de Chile. 123 pp. (Available at). <http://pgsa.sernapesca.cl/wp-content/uploads/2018/07/InformeFinal-PUC-2016.pdf>

FIP, 2016. Informe final “evaluación ambiental y sanitaria de lavado in situ de redes para la acuicultura”. In: Fondo de Investigación Pesquera, Subsecretaría de Pesca y Acuicultura, Ministerio de Economía, Fomento y Turismo, Gobierno de Chile, (171 pp).

Fitridge I, T Dempster, J Guenther & R de Nys. 2012. The impact and control of biofouling in marine aquaculture: a review. *Biofouling* 28(7): 664-669.

Fitridge, I., Dempster, T., Guenther, J., de Nys, R., 2012. The impact and control of biofouling in marine aquaculture: a review. *Biofouling* 28, 649–669.

Floerl, O., Sunde, L.M., Bloecher, N., 2016. Potential environmental risks associated with biofouling management in salmon aquaculture. *Aquaculture Environment*

Gansel LC, Plew DR, Endresen PC, Olsen AI, Misimi E, Guenther J, et al. (2015) Drag of Clean and Fouled Net Panels – Measurements and Parameterization of Fouling. *PLoS ONE* 10(7): e0131051. doi: 10.1371/journal.pone.0131051

Gansel, L.C., McClimans, T.A., Myrhaug, D., 2012. Average flow inside and around fish cages with and without fouling in a uniform flow. *J. Offshore Mech. Arct. Eng.* 134,

Hillman RE. 1977. Techniques for monitoring reproduction and growth of fouling organisms at power plant intakes. In: Jensen LD (ed). *Biofouling control procedures*, p. 5, Mercel Dekkar, New York.

Huang, C.-C., Tang, H.-J., Liu, J.-Y., 2006. Dynamical analysis of net cage structures for marine aquaculture: numerical simulation and model testing. *Aquacult. Eng.* 35, 258–270.

IFOP, 2013. Informe Final “Evaluación ambiental de las actividades de lavado in situ en la acuicultura”. In: Instituto de Fomento Pesquero, Subsecretaría de Pesca y Acuicultura, Ministerio de Economía, Fomento y Turismo, Gobierno de Chile, (48 pp).

Igor Tsukrov, Andrew Drach, Judson DeCew, M. Robinson Swift, Barbaros Celikkol. 2011. Characterization of geometry and normal drag coefficients of copper nets.

Isla Fitridge, Tim Dempster, Jana Guenther & Rocky de Nys. 2012. The impact and control of biofouling in marine aquaculture: a review, *Biofouling*, 28:7, 649-669, DOI: 10.1080/08927014.2012.700478

J.Xamán y M. Gijón Rivera. 2015. Dinámica de fluidos computacional para ingenieros.

Jensen Ø, Gansel LC, Føre M, Reite KJ, Jensen JH, Endresen PC (2013) Oscillation of a net panel with bending stiffness. Proceedings 32nd International Conference on Ocean, Offshore and Arctic Engineering, OMAE2013, 9–14 June, Nantes, Franc

Jones C, J Lawton & M Shachak. 1994. Organisms as ecosystem engineers. *Oikos* 69: 373-386.

Kim, T., Lee, J., Fredriksson, D.W., DeCew, J., Drach, A., Moon, K., 2014. Engineering analysis of a submersible abalone aquaculture cage system for deployment in exposed marine environments. *Aquacult. Eng.* 63, 72–88.

Klebert, P., Lader, P., Gansel, L., Oppedal, F., 2013. Hydrodynamic interactions on net panel and aquaculture fish cages: a review. *Ocean Eng.* 58, 260–274.

Klebert, P., Su, B., 2020. Turbulence and flow field alterations inside a fish sea cage and its wake. *Appl. Ocean Res.* 98, 102113.

Lader, P., Fredriksson, D.W., Guenther, J., Volent, Z., Blocher, N., Kristiansen, D.,

Langhamer O, D Wilhelmsson & J Engström. 2009. Artificial reef effect and fouling impacts on offshore wave power foundations and buoys -a pilot study. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 82: 426-432.

Leal, C., 2014. Evaluación de *Mytilus chilensis* como reservorio de *Piscirickettsia salmonis* mediante diagnóstico molecular PCR. A thesis submitted in partial fulfillment of the requirements for the degree of Aquaculture Engineer. Pontificia Universidad Católica de Valparaíso (42 pp).

Liu, H.Y., Huang, X.H., Wang, S.M., Hu, Y., Yuan, T.P., Guo, G.X., 2019. Evaluation of the structural strength and failure for floating collar of a single-point mooring fish cage ζ based on finite element method. *Aquacult. Eng.* 85, 32–48.

Liu, L., Kinoshita, T., Wan, R., Bao, W., Itakura, H., 2012. Experimental investigation and analysis of hydrodynamic characteristics of a net panel oscillating in water. *Ocean Eng.* 47, 19–29.

Løland G (1991) Current Force on and Flow through Fish Farms. Dr. Eng. Dissertation. Division of Marine Hydrodynamics, the Norwegian Institute of Technology. ISBN 82 7119-269-8.

Maar M, K Bolding, JK Petersen, JLS Hansen & K Timmermann. 2009. Local effects of blue mussels around turbine foundations in an ecosystem model of Nysted offshore wind farm, Denmark. *Journal of Sea Research* 62: 159-174.

Madin, J., Ching, C.V., 2015. Biofouling challenge and management methods in marine aquaculture. In: Mustafa, S., Shapawi, R. (Eds.), *Aquaculture Ecosystems: Adaptability and Sustainability*. John Wiley & Sons, First Edition, pp. 107–138

Madin, J., Chong, V.C., Hartstein, N.D., 2010. Effects of water flow velocity and fish culture on net biofouling in fish cages. *Aquac. Res.* 41 (10)

Marshall K., Ruby Stout, Mitchell R. 1971. Mechanisms of the initial events in the sorption of marine bacteria to surface. *Journal of general Microbiology*, 68:337-348.

Martin, T., Kamath, A., Bihs, H., 2020. A Lagrangian approach for the coupled simulation of fixed net structures in a Eulerian fluid model. *J. Fluid Struct.* 94, 102962.

Milne PH (1972) *Fish and Shellfish Farming in Coastal Waters*. Fishing News (Books), London.

Morison, J.R., O'Brien, M.P., Johnson, J.W., Schaaf, S.A., 1950. The force exerted by surface waves on piles. *Pet. Trans., AIME* 189, 149–154.

O'Byrne, M.; Pakrashi, V.; Schoefs, F.; Ghosh, B. Applications of Virtual Data in Subsea Inspections. *J. Mar. Sci. Eng.* 2020, 8, 328

O'Byrne, M.; Schoefs, F.; Pakrashi, V.; Ghosh, B. An underwater lighting and turbidity image repository for analysing the performance of image based non-destructive techniques. *Struct. Infrastruct. Eng.* 2018, 14, 104–123.

Pacheco A & A Garate. 2005. Bioincrustantes en estructuras de cultivo de *Argopecten purpuratus* en Bahía Samanco, Perú. *Ecología Aplicada* 4(1,2): 149-152.

Pascal Klebert, Pal Lader, Lars Gansel y Frode Opedal. 2013. Hydrodynamic interactions on net panel and aquaculture.

Patursson, Ø., Swift, M.R., Tsukrov, I., Simonsen, K., Baldwin, K., Fredriksson, D.W., Celikkol, B., 2010. Development of a porous media model with application to flow through and around a net panel. *Ocean Eng.* 37, 314–324.

Prado L & JC Castilla. 2006. The bioengineer *Perumytilus purpuratus* (Mollusca: Bivalvia) in central Chile: biodiversity, structural complexity and heterogeneity. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 86: 417-421.

Qin, H., Xu, Z., Li, P., Yu, S., 2020. A physical model approach to nonlinear vertical accelerations and mooring loads of an offshore aquaculture cage induced by wave structure interactions. *Ocean Eng.* 197, 106904.

Railkin AI. 2004. *Marine biofouling. Colonization processes and defenses*, 304 pp. CRC Press, Boca Raton.

Richmond MD & R Seed. 1991. A review of marine macrofouling communities with a special reference to animal fouling. *Biofouling* 3: 151-168.

Sepúlveda R, JM Cancino & M Thiel. 2003. The peracaridepifauna associated with the ascidian *Pyura chilensis* (Molina, 1782) (Asciacea: Pyuridae). *Journal of Natural History* 37(13): 1555-1569.

Steen-Hansen. 2015. The little book on fouling. Bayer.

TANG Hao, HU Fuxiang, XU Liuxiong, DONG Shuchuang, ZHOU Cheng, and WANG Xuefang. 2017. The effect of netting solidity ratio and inclined angle on the hydrodynamic characteristics of knotless Polyethylene netting.

Tsukrov, I., Eroshkin, O., Fredriksson, D.W., Swift, M.R., Celikkol, B., 2003. Finite element modeling of net panels using a consistent net element. *Ocean Eng.* 30, 251–270.

Von Oertzen JA, Scharf EM, Arndt EA, Sandrock Dettamann L, Holzapfel H., Ringstorf H., Kohn H., Gunther. 1989. Spezialstudie “Alternative Antifouling Systeme” Fachbereich Biologie, Universitat Rostock.

Walker SJ, TA Schlacher & MA Schlacher-Hoenlinger. 2007. Spatial heterogeneity of epibenthos on artificial reefs: fouling communities in the early stages of colonization on an East Australian shipwreck.

WWF & RSA Aquaculture Risk Management Team. 2016. Installing & maintaining nets in aquaculture: A Best Practice Guide, 20 pp (<https://silo.tips/download/installing-maintaining-nets-in-aquaculture#embed>,

Yan T & WX Yan. 2003. Fouling of offshore structures in China -a review. *Biofouling* 19: 133-138.

Zhan JM, Jia XP, Li YS, Sun MG, Guo GX, Hu YZ (2006) Analytical and experimental investigation of drag on nets of fish cages. *Aquac. Eng.* 35: 91–101.

13 ANEXOS

13.1 Anexo 1- Encuesta Estudio de Redes Utilizadas en la Salmonicultura

La Pontificia Universidad Católica de Valparaíso (PUCV) está desarrollando el estudio FIPA 2022-25: "Propuesta de elementos técnicos a considerar para las pruebas de resistencias de redes, estimación de vida útil, y verificación/certificación de redes", por encargo de la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura (SUBPESCA), a través del Fondo de Investigación Pesquera y Acuicultura (FIPA). En este contexto, estamos interesados en poder agendar una reunión presencial en sus instalaciones a fin de poder obtener información respecto de los tipos de redes más comúnmente utilizadas en la acuicultura, análisis de resistencia y vida útil de los materiales. Esto con el fin de poder identificar los elementos técnicos a considerar para las pruebas de resistencia de redes y estimación de vida útil, verificación y certificación de redes.

En esta reunión aplicaremos una entrevista que nos tomará aproximadamente 20 minutos de su tiempo que desde ya agradecemos

Entrevista

1. **Respecto a la caracterización de redes loberas y peceras.**
 - a. ¿Cuáles son las principales redes utilizadas para el confinamiento de peces y para antidepredadores marinos?

Características	Red pecera recepción	Red pecera engorda	Red lobera
Materialidad			
Titulación del hilo / diámetro hilo o hebra			
Tamaños de malla			
Tipo de construcción			

2. Respecto al fouling (exclusivo para empresa salmonera)

a. ¿Qué tipo de fouling observan comúnmente en los centros de cultivo que ustedes operan por región?

Región/ localidad	Tipo de fouling (especies reconocidas)	Fouling predominante
1.		
2.		
3.		
4.		
5.		

3. Respecto a los elementos técnicos para la extensión de vida útil de las redes (exclusivo para empresasalmonera)

a. ¿Cuáles son las etapas por las que pasan las redes peceras y loberas en su ciclo de vida útil?

b. ¿Cuál es el criterio para dar de baja una red?

c. ¿Por cuántos ciclos de cultivo operan las redes peceras y loberas antes de darlas de baja?

d. ¿Cada cuánto tiempo realizan cambios redes?

e. ¿Qué tipo de mantención (lavado u otro) realizan a las redes y cada cuánto tiempo?

f. Alguna sugerencia respecto a la extensión de vida útil de las redes

4. Respecto a la verificación y certificación de redes.

a. ¿Realizan pruebas de resistencia a las redes?

b. ¿Cuándo se realizan las pruebas de resistencia a las redes? (nuevas, posterior a la pintura, posterior allavado, etc)

c. ¿Utilizan alguna norma específica para las pruebas de resistencia de las redes? ¿Cuál(es)?

- d. ¿Quién hace las pruebas de resistencia de redes? (la empresa, un lab externo, el usuario)
- e. ¿Cuentan con algún sistema de trazabilidad de las redes?, ¿Cuál(es)?
- f. Alguna sugerencia respecto a la verificación/certificación de las redes usadas en la acuicultura

Datos del Entrevistado(a)

Nombre del entrevistado

Nombre de la empresa

Actividad económica

Cargo

Teléfono del entrevistado

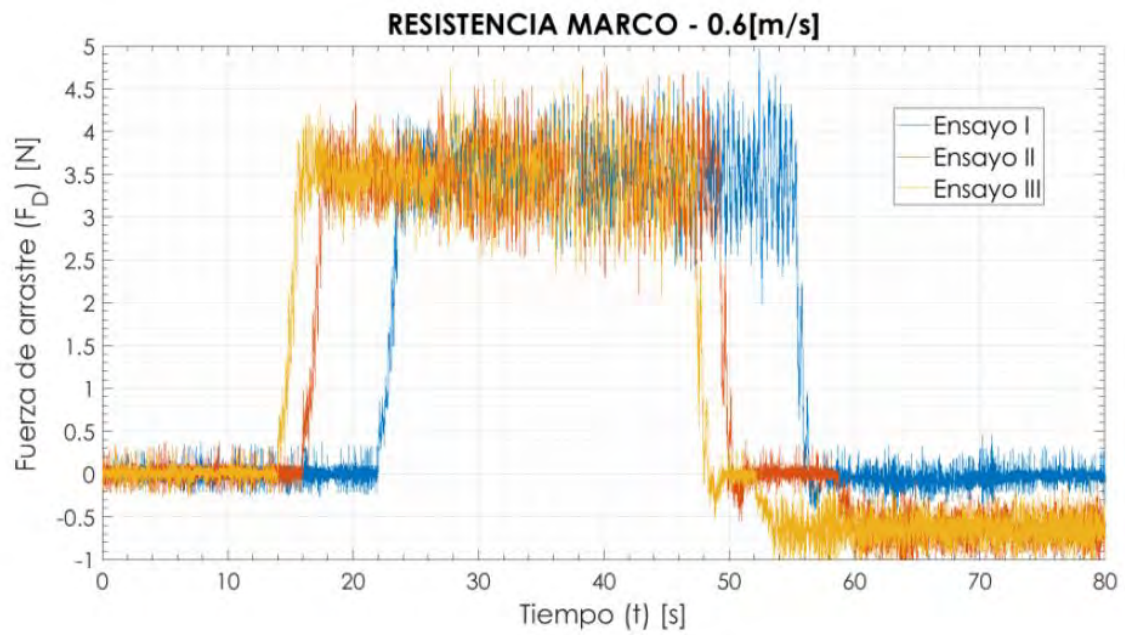
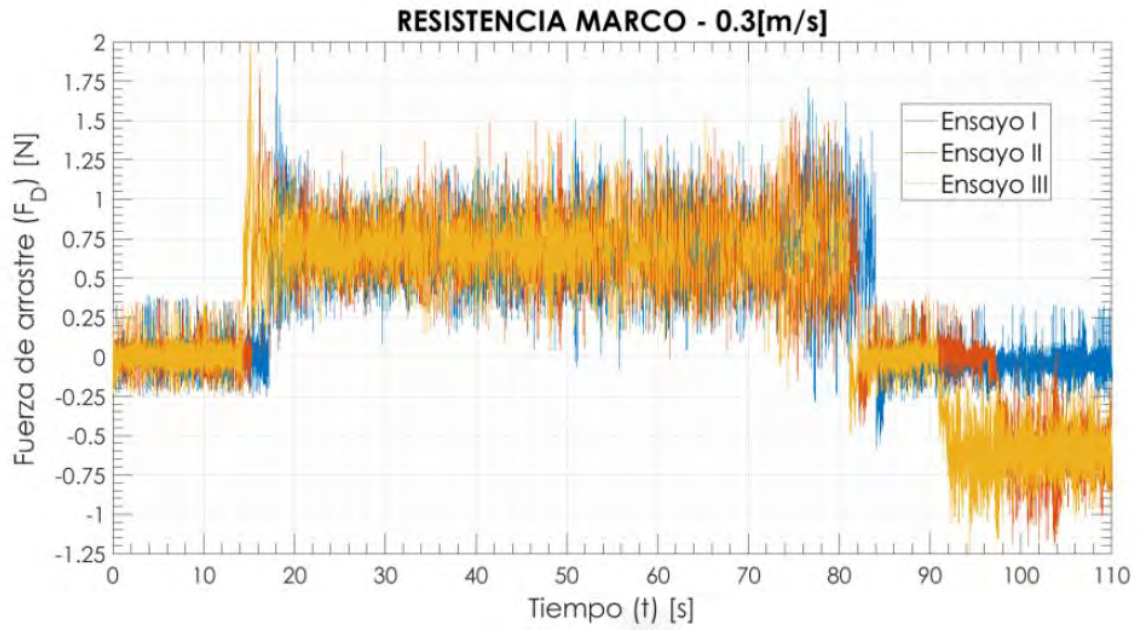
Fecha y hora de la entrevista

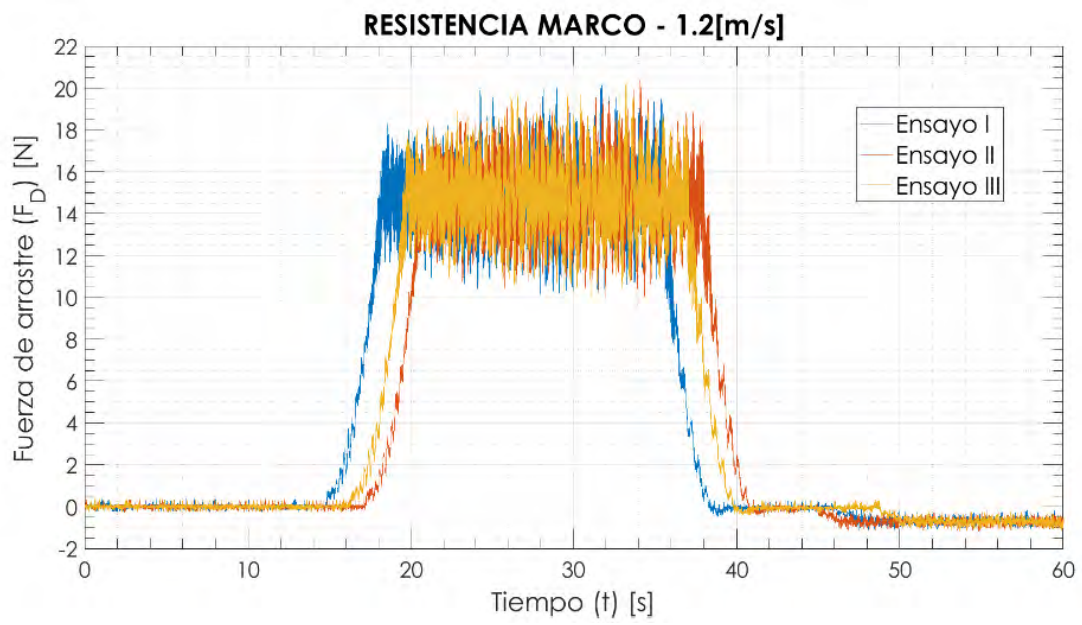
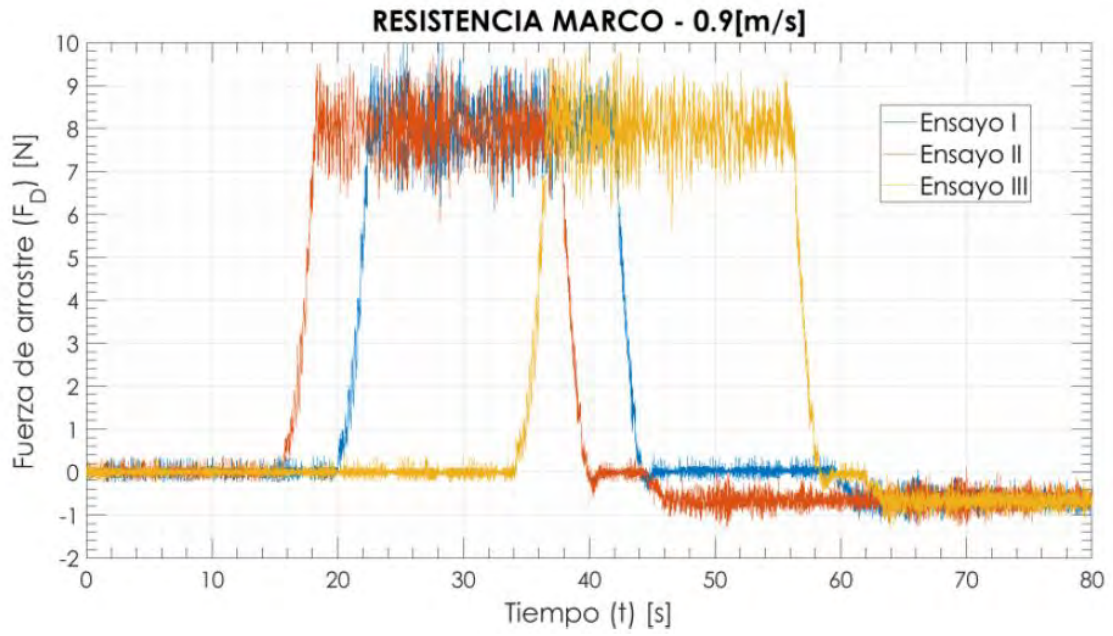
Entrevistador Supervisor

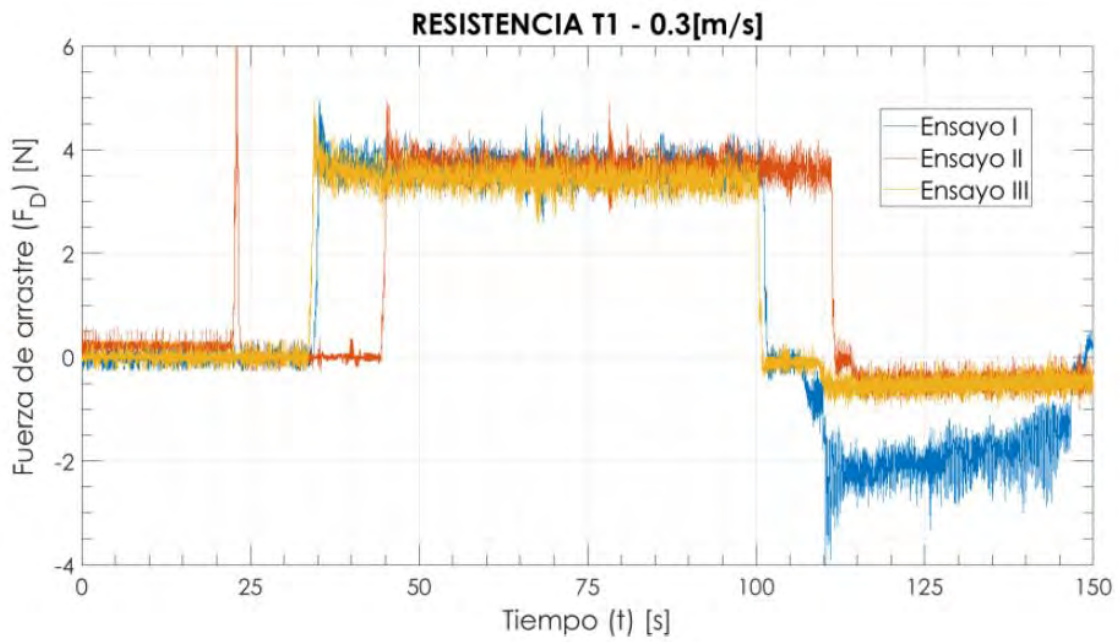
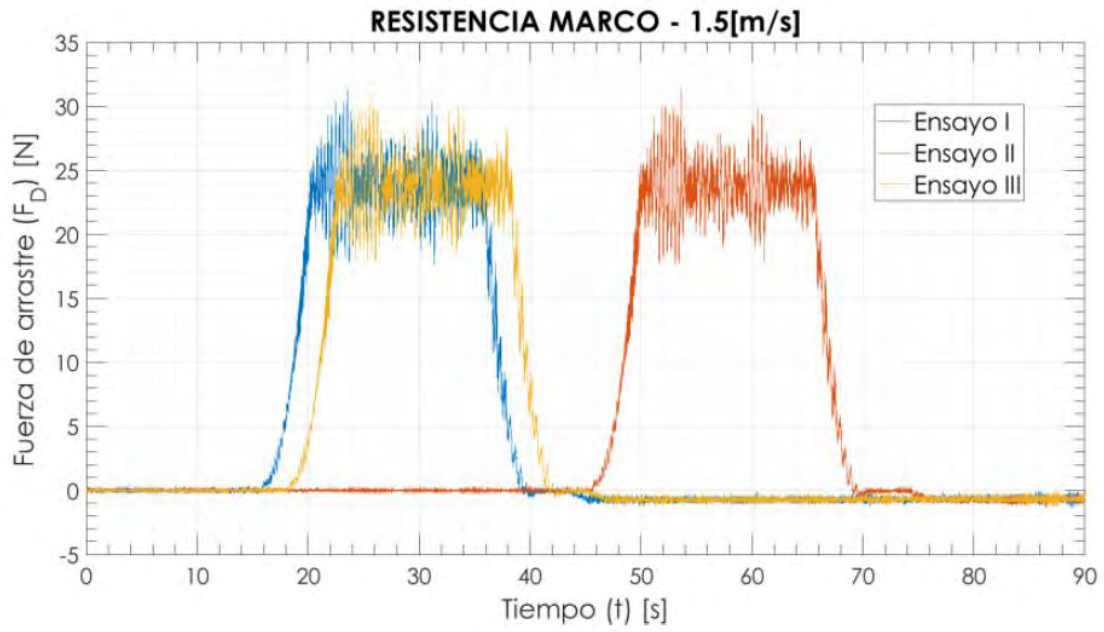
Nombre del entrevistador

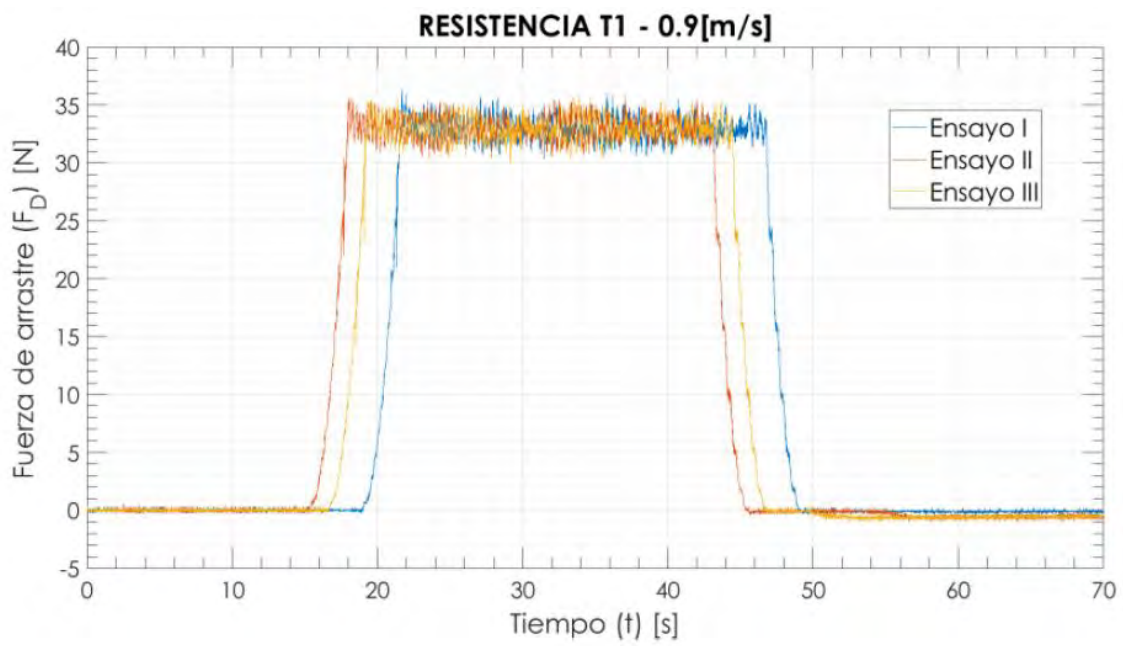
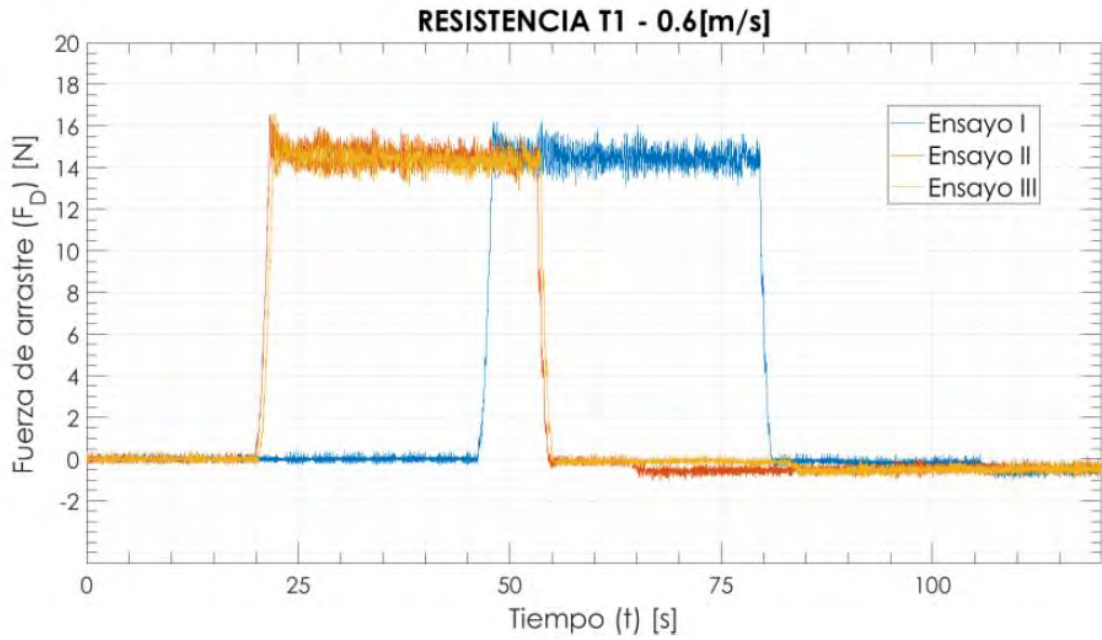
13.2 Anexo 2 – pruebas experimentales

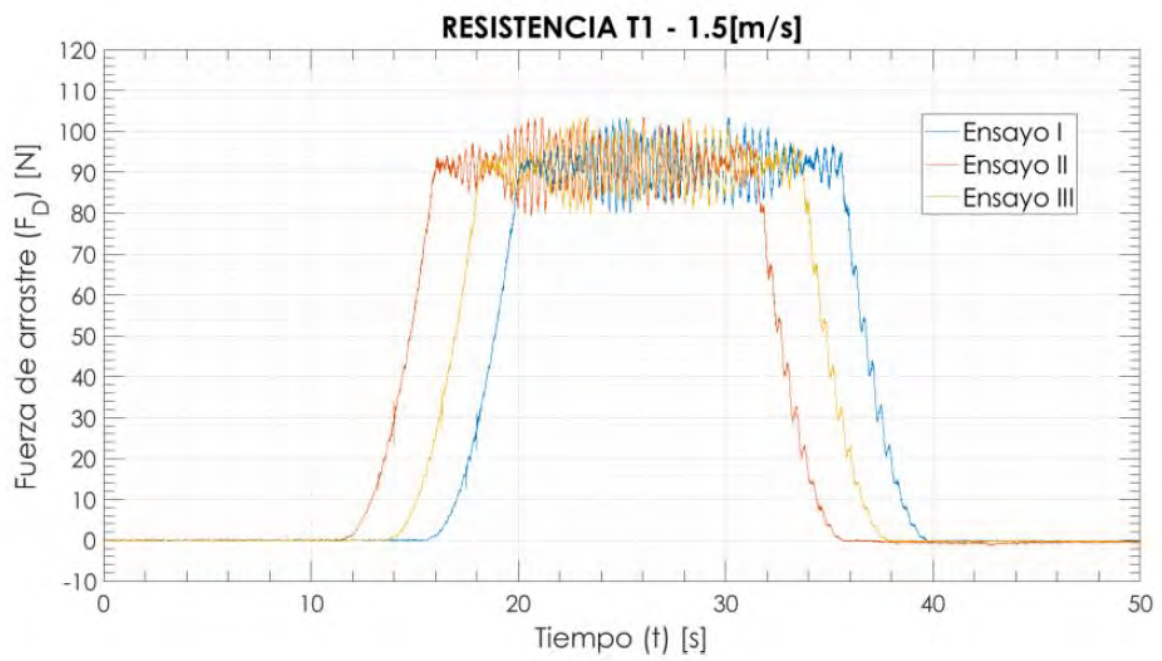
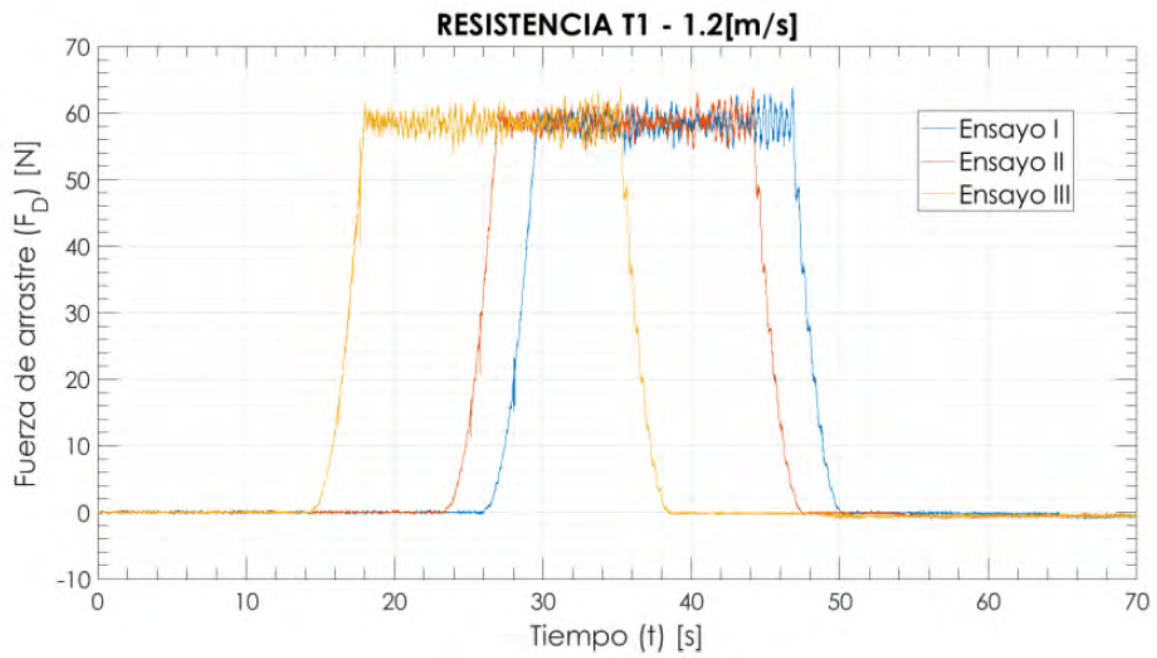
Se incluyen como anexo, las series de tiempo de las mediciones del marco aislado y de cada paño de red montada en el marco en sus respectivas velocidades de diseño como soporte de los resultados presentados

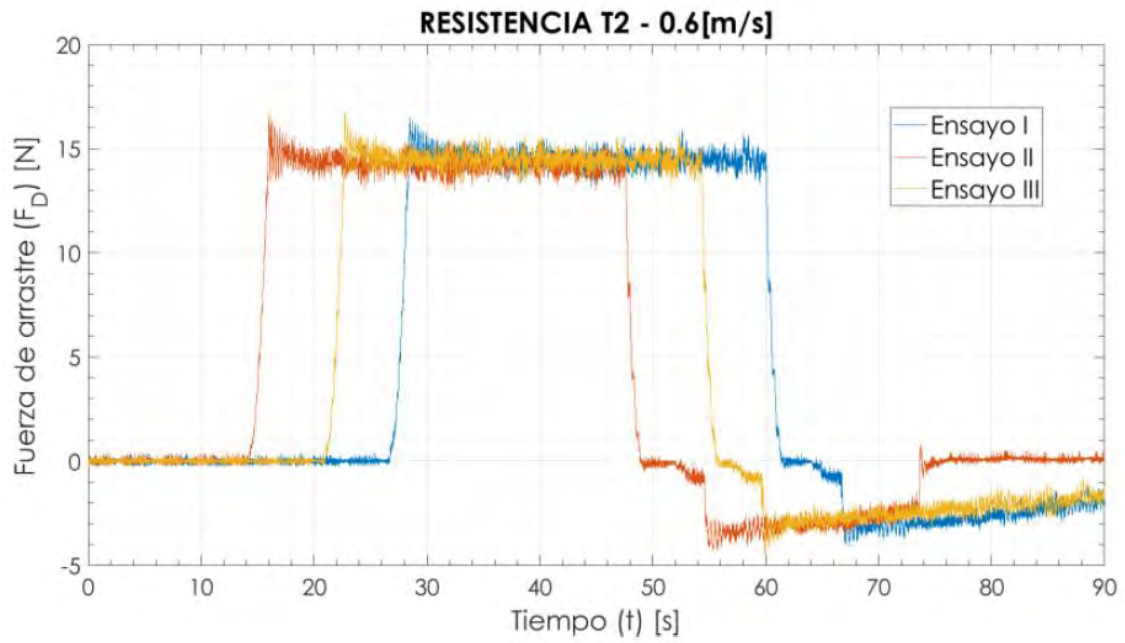
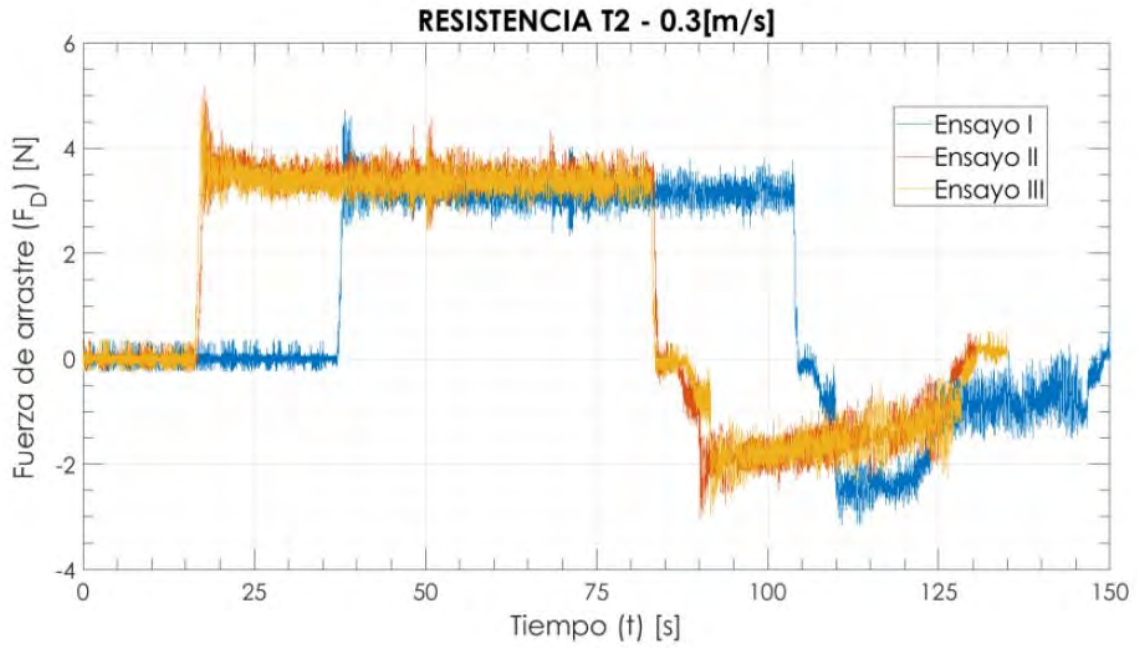


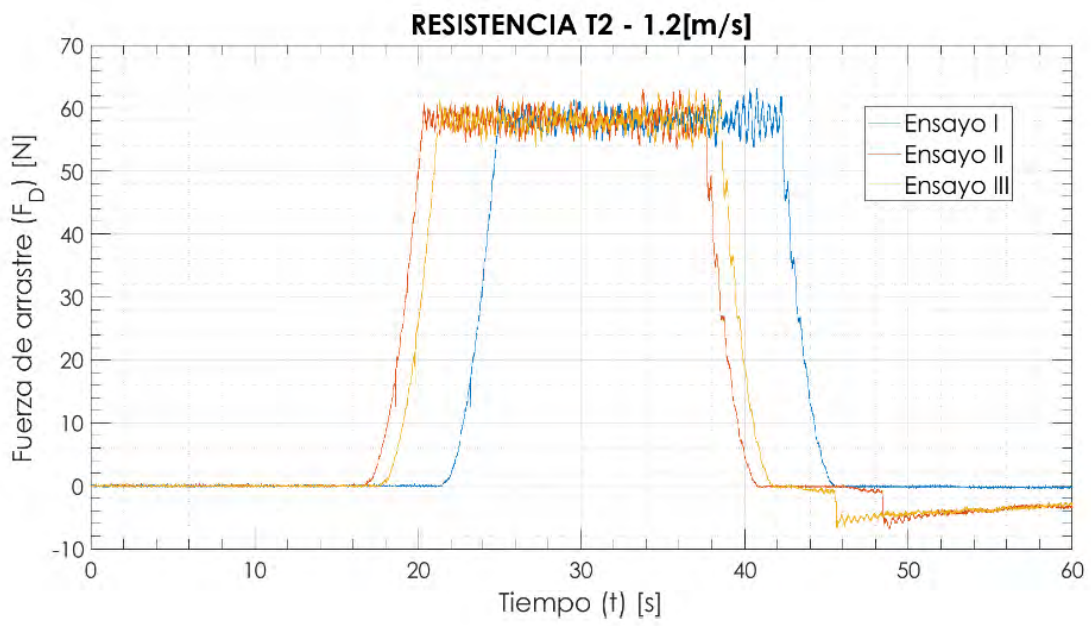
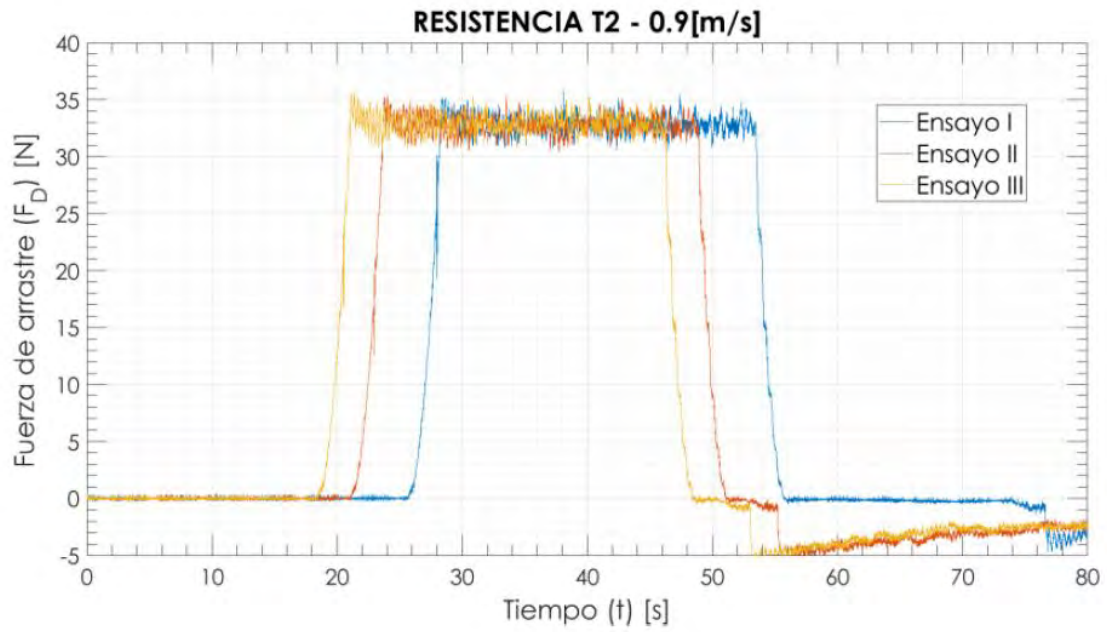


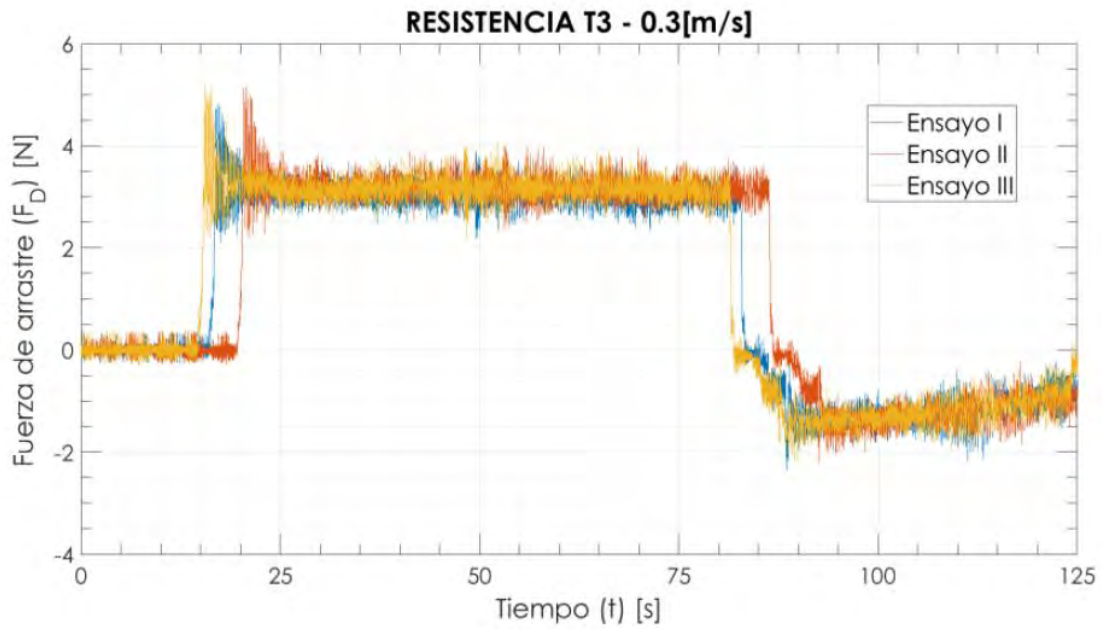
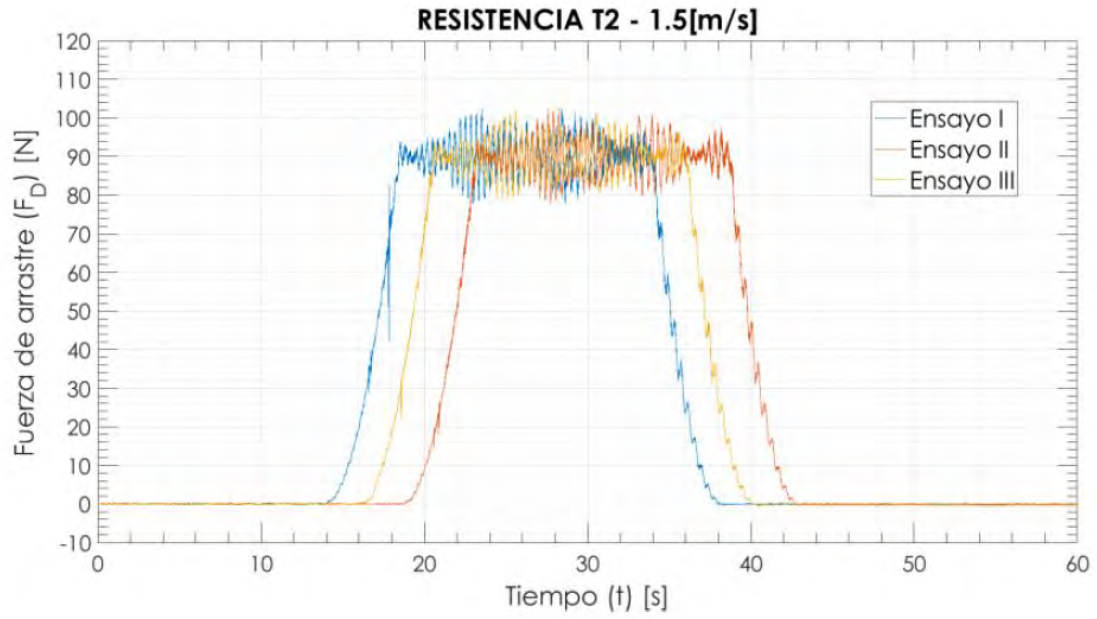


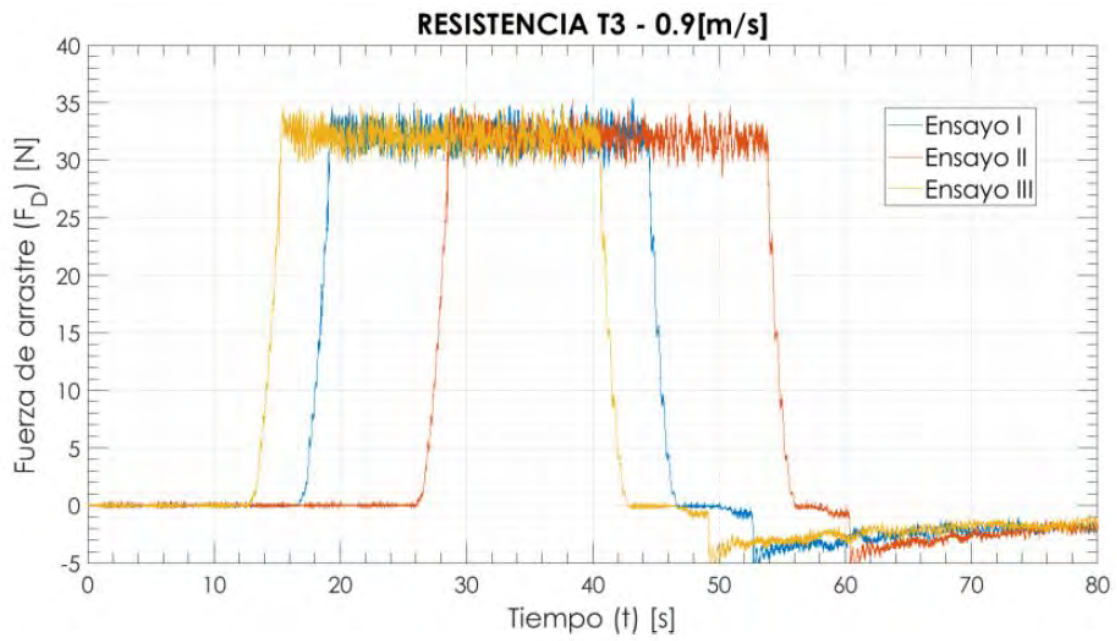
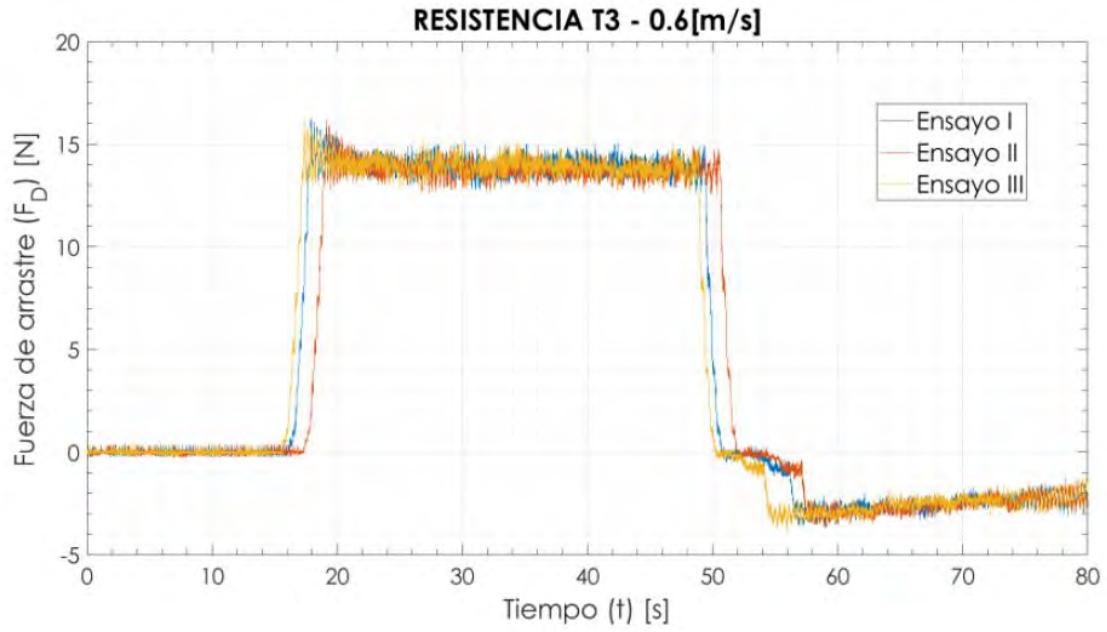


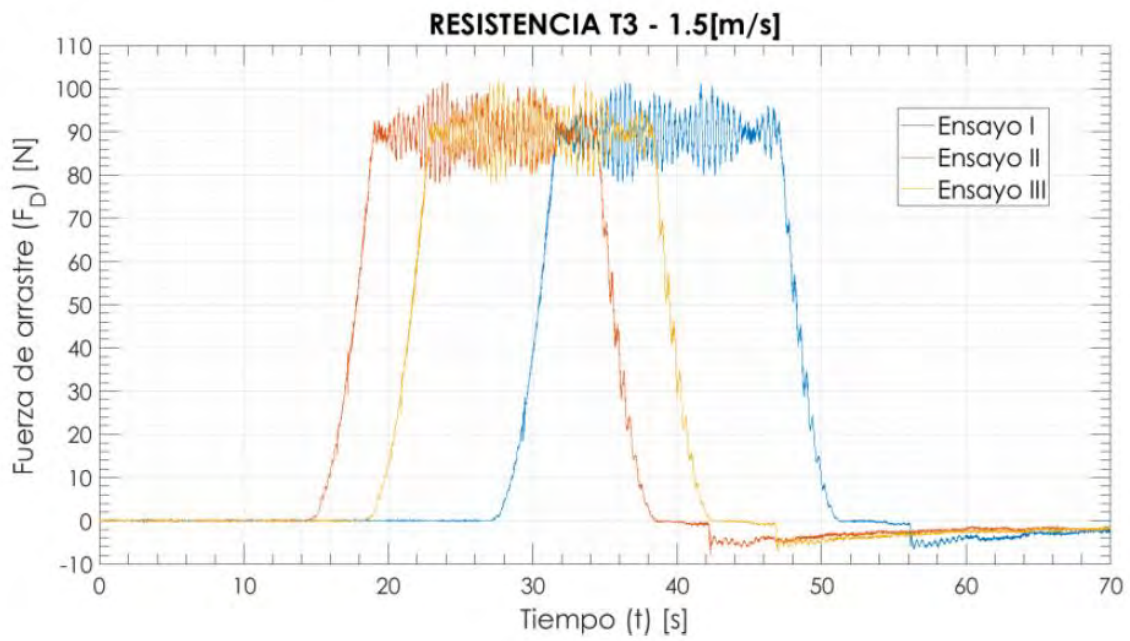
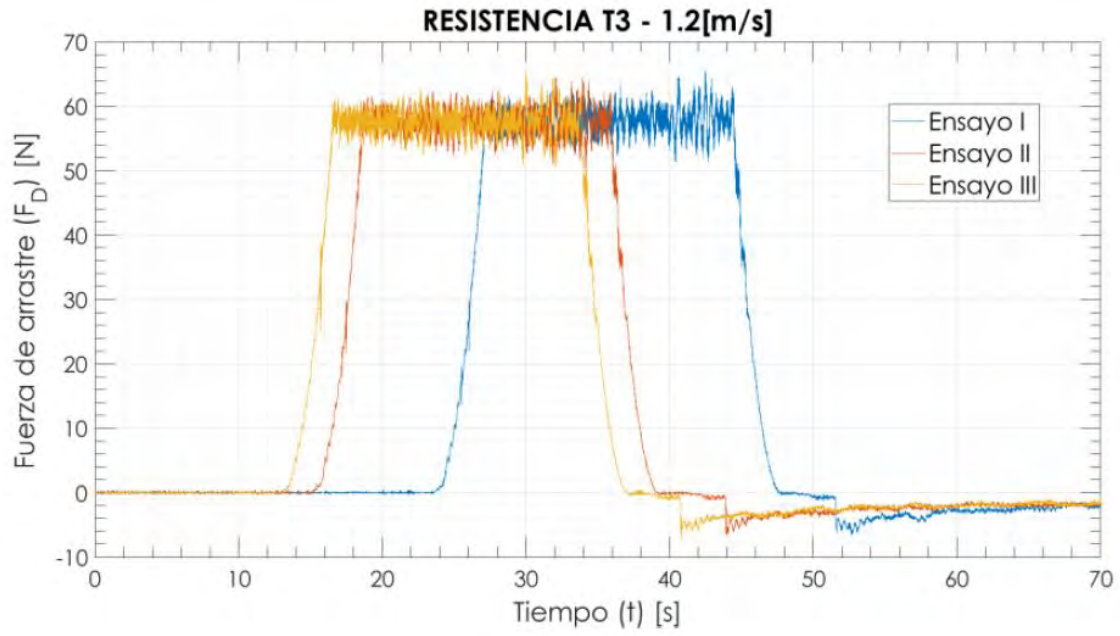


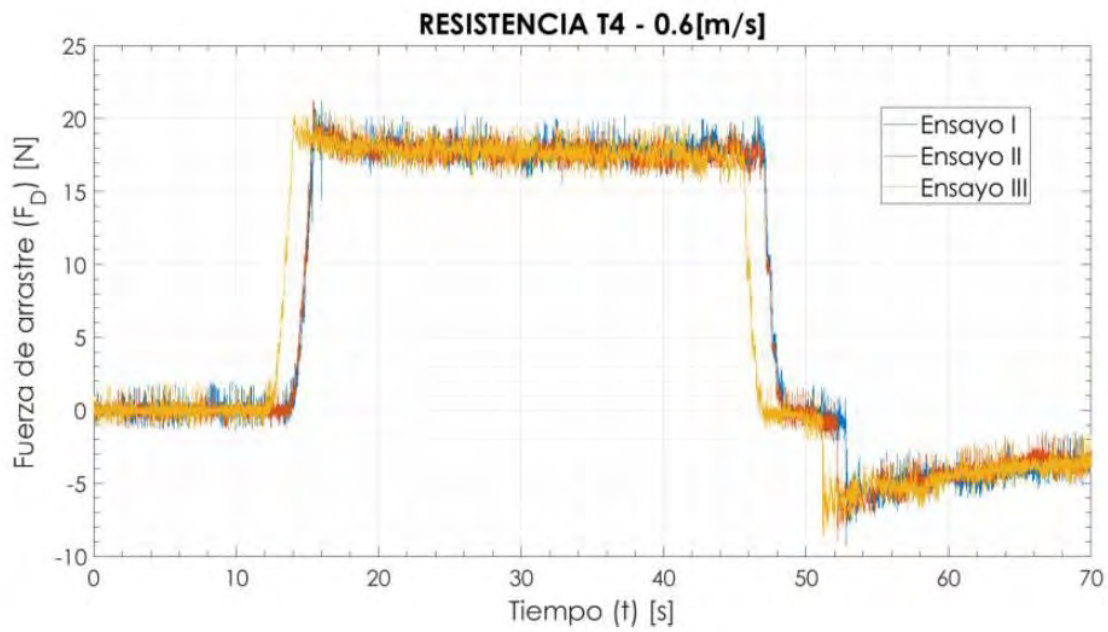
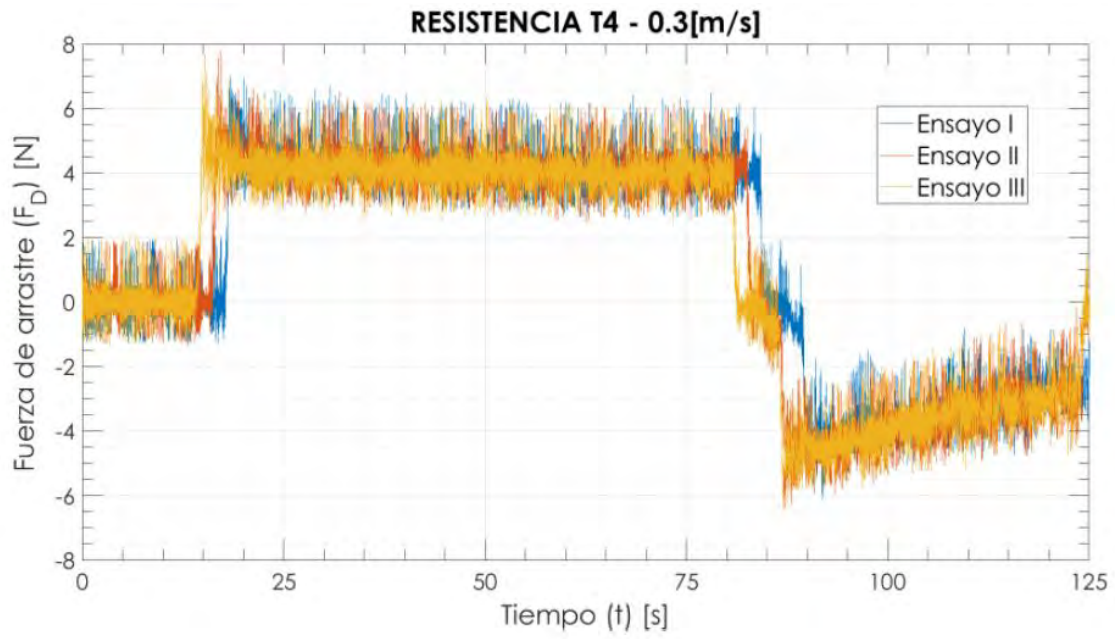


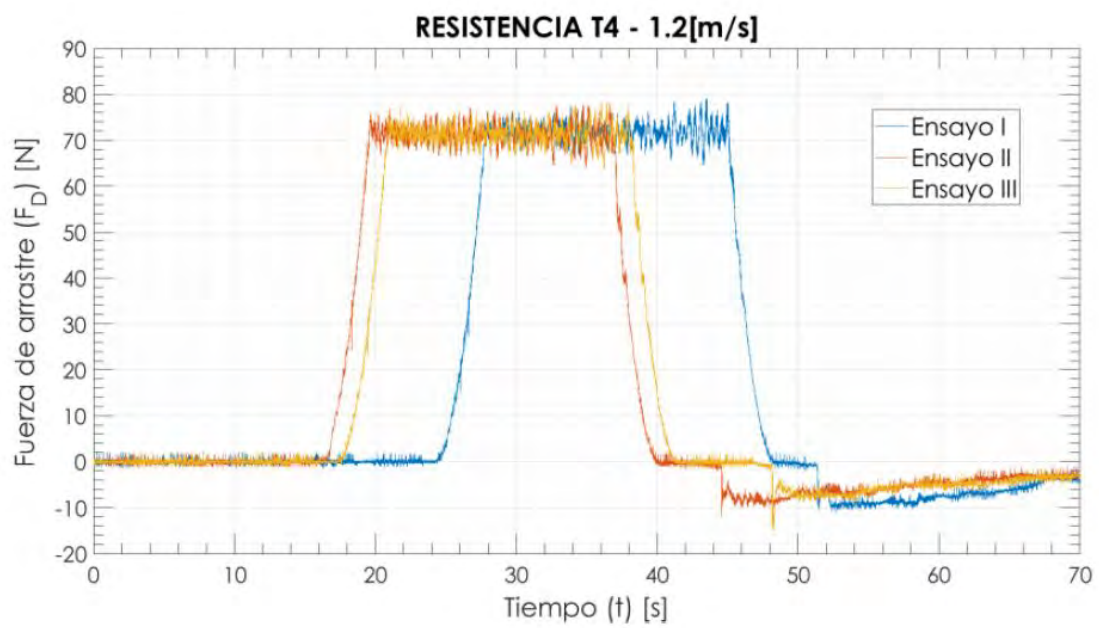
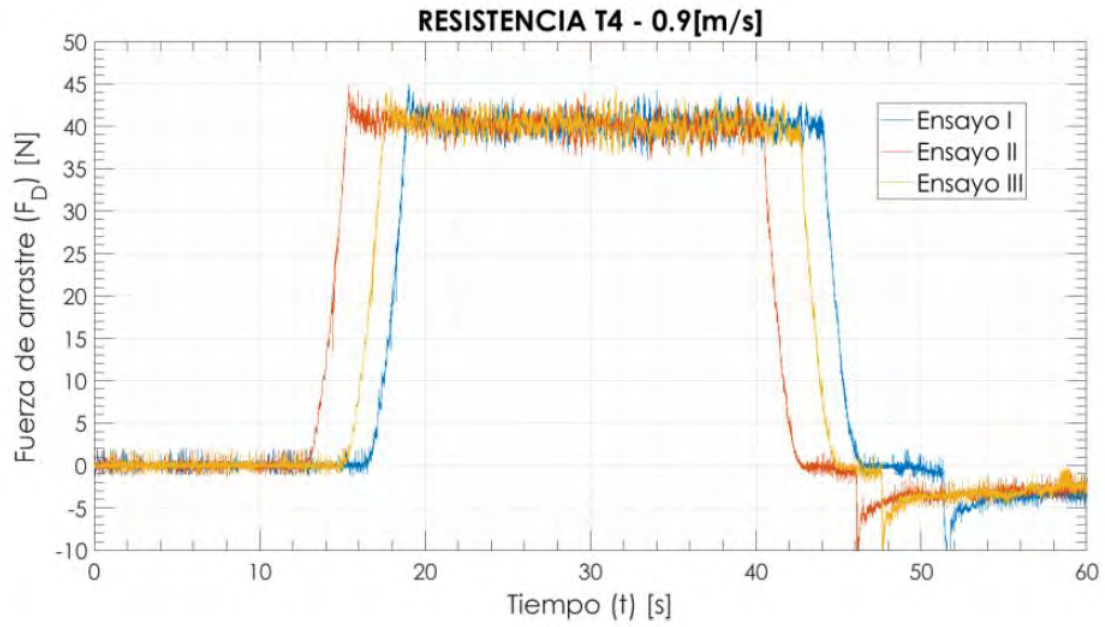


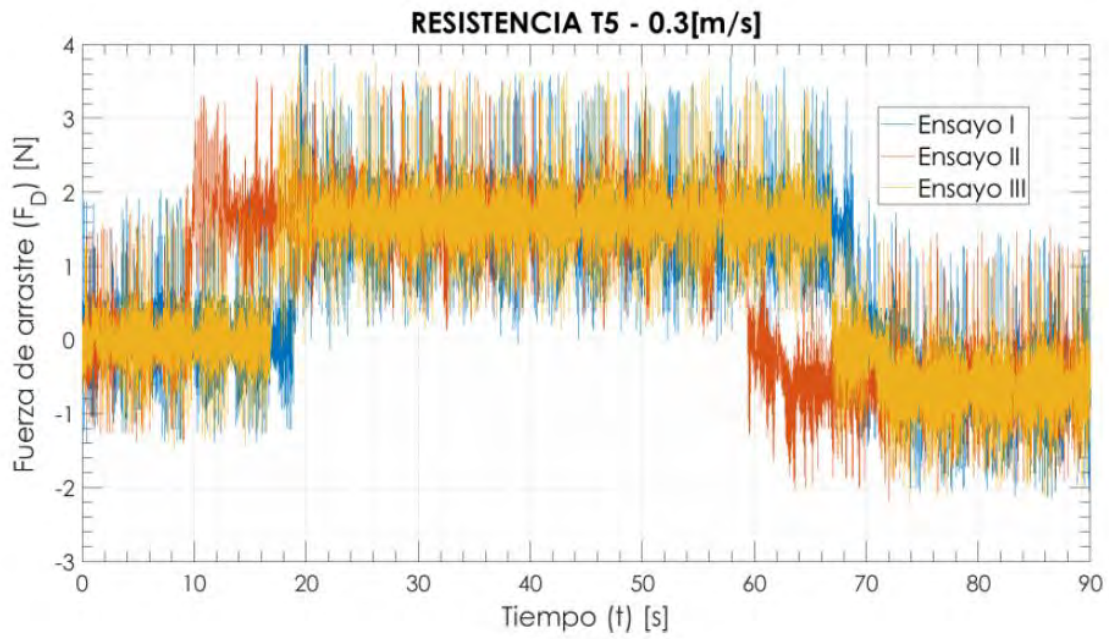
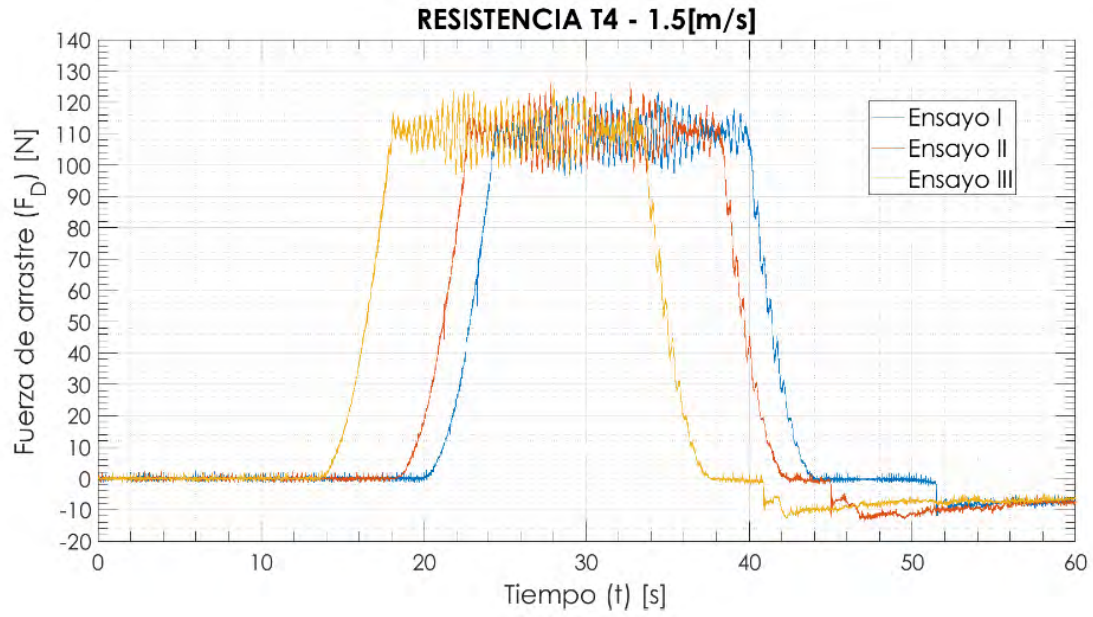


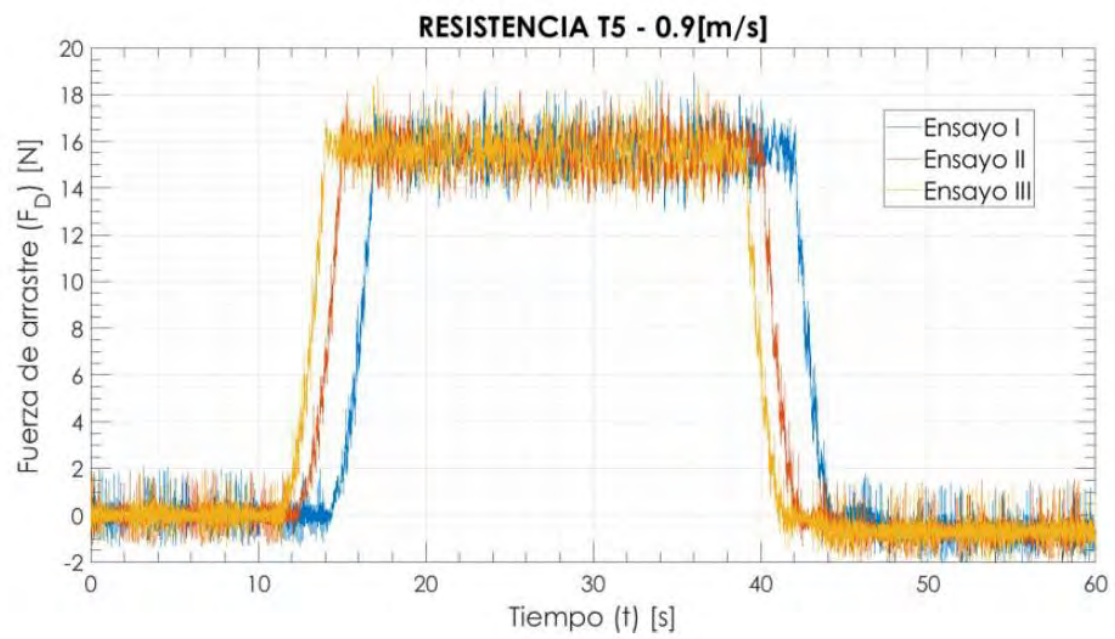
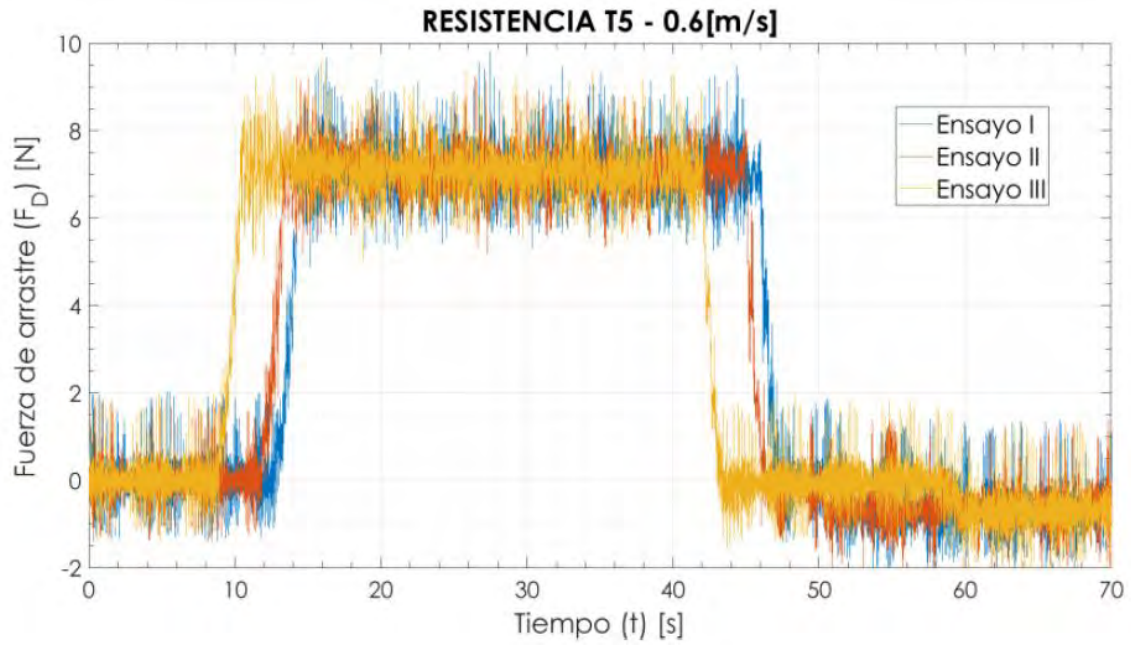


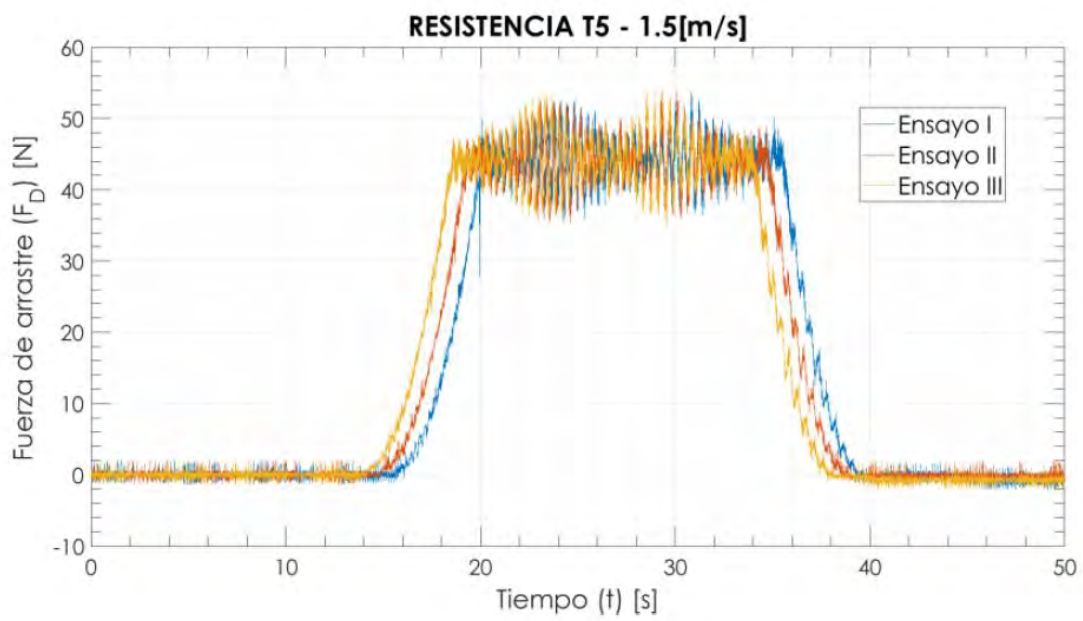
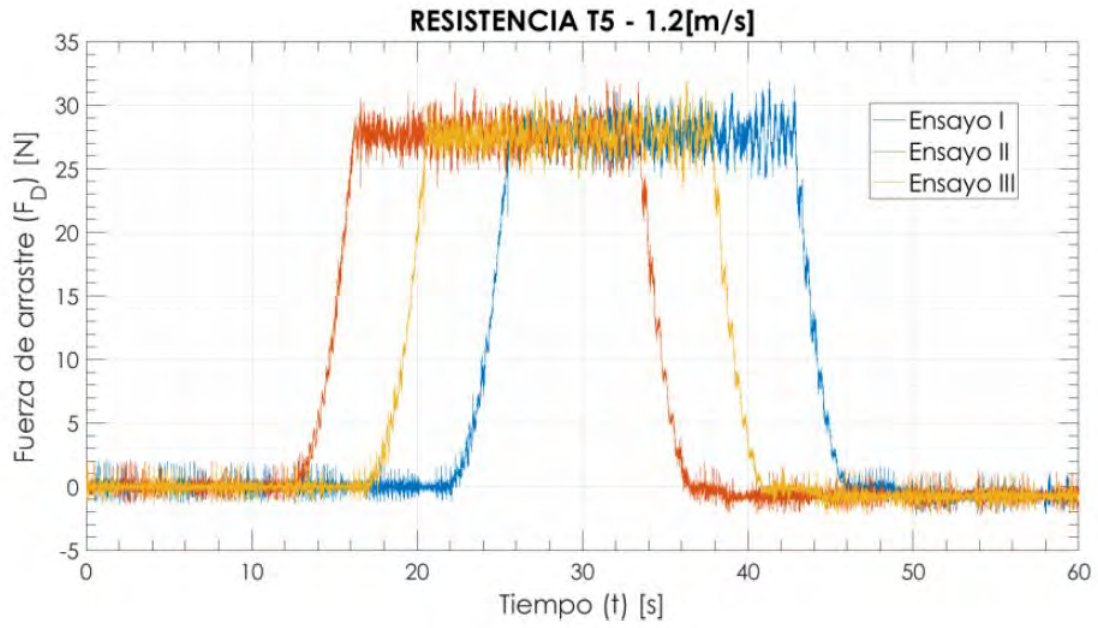












13.3 Anexo 3 (fotografía entrevista)

A continuación, se presentan algunas fotografías que dan cuenta de las visitas realizadas a las empresas entrevistadas en las ciudades de Puerto Montt y Chiloé.



Figura 74: Visita Taller Hernán Soto Servicios Pesqueros y Acuícolas EIRL, Puerto Montt.



Figura 75: Reunión en Badinotti Group Chile, Puerto Montt.



Figura 76: Reunión en MARMAU, Chiloé.



Figura 77: Visita Laboratorio Taller de redes Badinotti Net Services

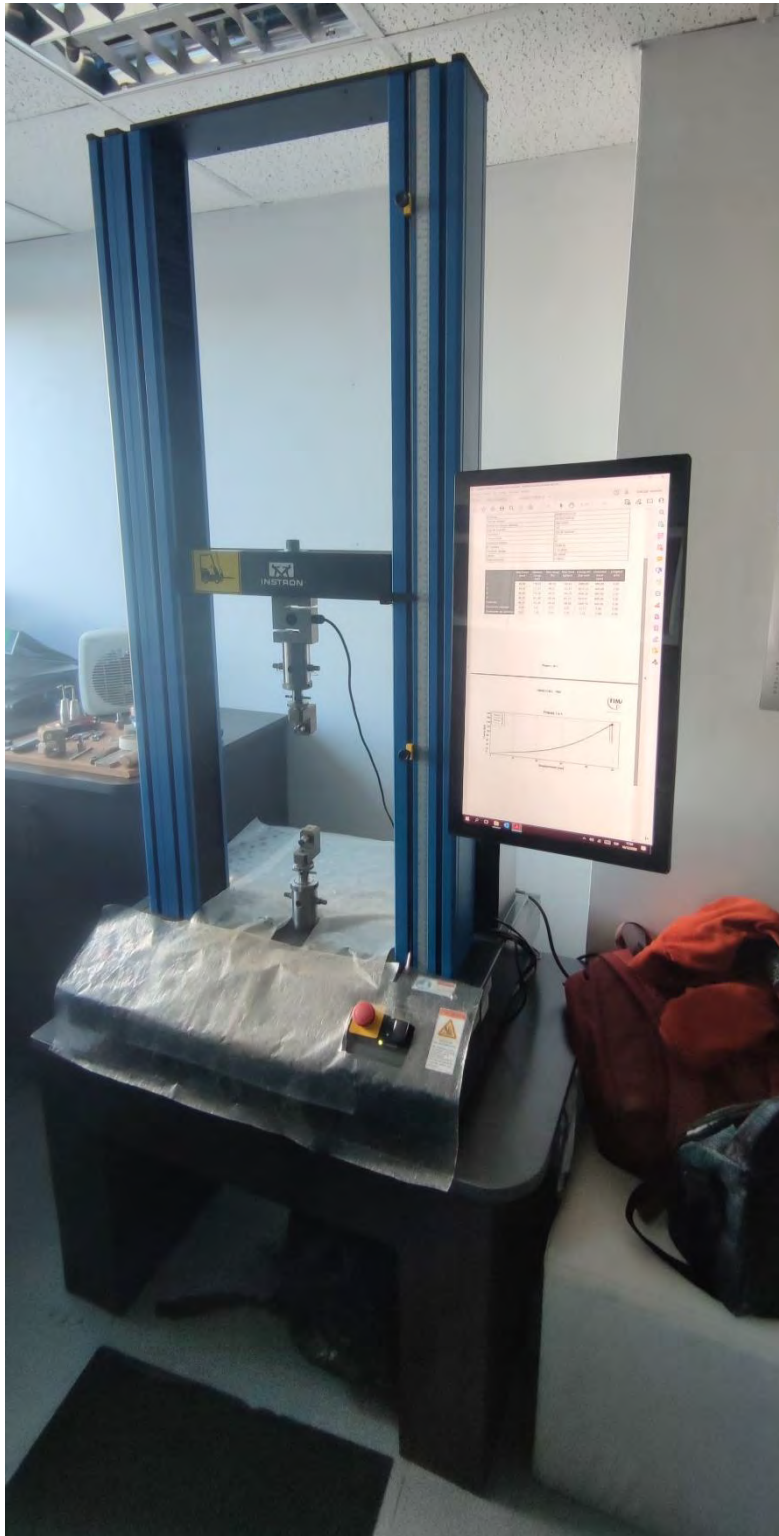


Figura 78: Reunion en laboratorio de redes FIMAR



Figura 79: Reunión en taller de redes Patagonia Net Systems.

13.4 Anexo 4: Datos de personas y empresas entrevistadas

1. Ingered SPA

Datos del Entrevistado(a) *que no trabajan en el campo de normas D.L.*

Nombre del entrevistado . Juan Carlos Michelena A
Nombre de la empresa . Ingered SPA
Actividad económica . Servicios
Cargo .
Teléfono del entrevistado . *cto Técnico*
+56 99 599 1191
Fecha y hora de la entrevista . 30/1/2023
Entrevistador Supervisor . *José (s/p)*
Nombre del entrevistador .

2. Badinotti Services

Datos del Entrevistado(a)

Nombre del entrevistado . *Viviana Sola* *Alejo Torres* [4944250419]
Nombre de la empresa . BADINOTTI SERVICES *vsola@badinotti.com*
Actividad económica .
Cargo . *Jefe Taller badinotti, ejecutiva comercial (viviana).*
operaciones
Teléfono del entrevistado .
Fecha y hora de la entrevista . 14 DIC - 11:30 AM.
Entrevistador Supervisor . *Felipe Hurtado*
Nombre del entrevistador . *Jean Pierre Toledo*

3. FISA

Datos del Entrevistado(a)

Nombre del entrevistado Ruben Santibanez Bodega - ofur - lab

Nombre de la empresa ~~FISAR~~ FISA

Actividad económica Comercializadora INSUMOS MARINOS

Cargo Gerente General

Teléfono del entrevistado 996435476 / R.santibanez@Fisamet.com.pe

Fecha y hora de la entrevista 16:08 / 13 Dic.

Entrevistador Supervisor Felipe Hurtado

Nombre del entrevistador Jean Pierre Toledo

3

4. Hernán Soto Servicios Pesqueros y Acuicolas EIRL

Nombre del entrevistado Hernán Soto

Nombre de la empresa H. Soto. Servicios Pesqueros S.

Actividad económica S. Pesqueros y Acuicolas S.

Cargo Gerente General

Teléfono del entrevistado 981932925

Fecha y hora de la entrevista 14:30 / 13 Dic 2022.-

Entrevistador Supervisor Felipe Hurtado

Nombre del entrevistador Jean Pierre Toledo

hspetrel.Ltda@pancill.com

3

5. Badinotti

Datos del Entrevistado(a) + _____

Nombre del entrevistado Jose Luis Valezuela

Nombre de la empresa BADILOTTI (Planta Producción).

Actividad económica

Cargo jefe Comedor

Teléfono del entrevistado/correo.

Fecha y hora de la entrevista 14/12/2022. 09:00

Entrevistador Supervisor Felipe Hurtado.

Nombre del entrevistador Jean Pierre Toledo.

6. Cook Aquaculture

Datos del Entrevistado(a)

Nombre del entrevistado Carlos Valdeavilla C

Nombre de la empresa COOKE Aquaculture.

Cargo JEFE DE DEPTO. LOGÍSTICA

Teléfono del entrevistado P 26012571

Fecha y hora de la entrevista 13:55

14	12	2022	
----	----	------	--

Entrevistador Supervisor

Nombre del entrevistador Jesus Lopez

Muchas gracias por su cooperación.

7. Invermar

Datos del Entrevistado(a) → ficha técnica

Nombre del entrevistado Patricio Carera, Patricio Vera, Cristian Fuenzalida

Nombre de la empresa Fuenzalida

Actividad económica Cultivo de peces

Cargo Subgerente, Asistente de redes, Jefe de redes

Teléfono del entrevistado - cristian.fuenzalida@invermar.cl / 956662855

Fecha y hora de la entrevista Patricio.vera@invermar.cl / 940030770

Entrevistador Supervisor Felipe Hurtado

Nombre del entrevistador Jean Pierre Toledo

8. MARMAU

Datos del Entrevistado(a)

Nombre del entrevistado Marcelo Calderón

Nombre de la empresa MARMAU

Actividad económica Servicio mantenimiento de redes / venta, diseño equipos de medición / importación exportación redes

Cargo Gerente General

Teléfono del entrevistado 998868497 / MARCEL.

Fecha y hora de la entrevista 09:00 hrs / 16 Dic

Entrevistador Supervisor

Nombre del entrevistador Jean Pierre Toledo.

3

9. Blumar

Datos del Entrevistado(a)

Nombre del entrevistado Roberto Baharondes
Nombre de la empresa BLUMAR
Actividad económica
Cargo Subgerente Operación, mantenimiento e infraestructura
Teléfono del entrevistado
Fecha y hora de la entrevista 15/12/2022 / 09:00
Entrevistador Supervisor
Nombre del entrevistador Jean Pierre Toledo

3

10. FIMAR

Datos del Entrevistado(a) *La balanza, Tensiómetro.* C/Revisión

Nombre del entrevistado - *Alejandro Irigoien*

Nombre de la empresa - *FIMAR*

Actividad económica - *Fabricación y distribución ^{Servicio} Industrial*

Cargo - *Gerente General ^{Acuicola y Pesquera}*

Teléfono del entrevistado - *+56 96 172622 / Airigoien@fimar.com.pe,*

Fecha y hora de la entrevista *17:00 hrs / 16 Dic 22.-*

Entrevistador Supervisor -

Nombre del entrevistador *Jean Pierre Toledo.*

11. Ecosea Farming SPA

Datos del Entrevistado(a)

Nombre del entrevistado *Ricardo Benavides*

Nombre de la empresa *EcoSEA Farming SPA*

Actividad económica *Comercialización ^{huevo} Isuho, Inversión y desarrollo*

Cargo *Gerente Operaciones*

Teléfono del entrevistado *+569 9430 9755*

Fecha y hora de la entrevista *20/12/22 15:00 hrs*

Entrevistador Supervisor

Nombre del entrevistador *Seris Lopez*

12. Patagonia net systems

Datos del Entrevistado(a)

Nombre del entrevistado : Jorge Serrano
Nombre de la empresa : DAlgoima Net Systems
Actividad económica : Conectividad de redes para agricultores, taller
Cargo :
Teléfono del entrevistado : +56 999691487
Fecha y hora de la entrevista : 13/12/22 12:00
Entrevistador Supervisor : Felipe Hurtado
Nombre del entrevistador : Sergio Lopez

13.5 Anexo 5: Fotografías de taller de difusión





Figura 80: Fotografías del taller de difusión realizado en Puerto Mont

13.6 Anexo 6: Listado de asistentes al taller de difusión

Nombre	Institución	Cargo	Teléfono	Correo
Carlos Rojas C.	TIJH:EX	Asist. Redes	932330342	FRJASC@TIJH.XSABOJ.CO
Cristobal Villalobos	MULTIX	Asist. Redes	939502076	CVillalobos@multi-x.com
Christian Vasquez	FISA	Jose Redes	958646201	christian.vasquez@fisanet.cl
JOSE CABALLERO	FISA	COORD. I&R	51998193463	jcaballero@fisanet.com
DANIEL SILVEIRA	EURONETE	CONCIAL	0598956779	daniel.silveira@euronete.com
Claudio Oyala	CENMEX	SUBXMIT	98232461	Claudio.Oyala@cenmex.com
Victor Escobar	BADINOTTI	INVERCOR	85791161	Victor.Escobar@badinotti.cl
Jorge Estrada	BADINOTTI	DESCARSA	952966963	Jorge.Estrada@badinotti.cl
ALAN HELLMAN	BADINOTTI	ING. DE PROJ.	966449695	ALAN.HELLMAN@BADINOTTI.COM
YERKO VERA C.	AEX GROUP	ING. PROYECTOS	942525092	YERKO.VERA@AEX-GROUP.COM
Alexander Osés M.	AEX GROUP	ING. PROYECTOS	948676184	Alexander.Oses@AEX-GROUP.COM
TOMASO NAWMITH	S. AUSTRAL	LABORANTE	93870612	INAWMITH@S.AUSTRAL.COM
Miguel Lopez	Badinotti	E-COLAB	979935129	Miguelopez@Badinotti.cl
Miguel José Soto	Maurum	SEFE COLAB	98246543	M.SOTO@MAURUM.COM
PATRICIO CACERES	INVERMAR	ASESOR	98242361	PCACERES@ASTCALBUO.COM
Cristina Fuentes	INVERMAR	Asist. Redes	95662857	cristina.fuentes@invermar.cl
Bodilgo Melara	INVERMAR	PROY SAP	993228766	Bodilgo.melara@invermar.cl
Yada Santolucía S	Chiloe Redes Ude	Gerencia	953348121	psantolucia@chiloredes.cl
Kecia Longo	Chiloe Redes Ude	Asistente	976334118	KeciaLongo@chiloredes.cl
Oliver Alarcón	FIMAR	KAM	98747046	oalarcon@fimar.cl
Juan Carlos Velazquez	Ingered	JEFE COMERCIAL	995751979	jvelazquez@ingered.cl
Erwin Fuentes	Ventisqueros	Asist. Redes	935014325	erwintfuentes@ventisqueros.cl
Rodrigo Gallardo	Cenmap	JEFE REDES	964949341	Rodrigo.gallardo@cenmap.com
Oliver Alarcón	Cenmap	JEFE REDES	992194714	oalarcon@cenmap.com
Claudio VERA	Momi	SEFE REDES	994134231	claudio.vera@momi.com
CHRISTIAN GUTIERREZ	CALLES REDES	GERENCIA	931979107	CGUTIERREZ@CALLESREDES.CL
Helmut Salinas	Salinas	Representante	988898551	helmut@redesalinas.com
HANS LOEBEL	PARADISO AUSTRAL	Gerencia	950720593	GERENCIA@PARADISOAUSTRAL.COM
Rodrigo Vera	Paradiso Austral	Gerente Comercial	97387771	comercial@paradisoaustral.com
Cristina Barrera	Blumen	Redes	961434796	Cristina.Barrera@blumen.com
Patricio Jimenez	Badinotti	Ing. Proyectos	941316851	patricio.jimenez@badinotti.com
Luis Velasquez	Muniex	JEFE REDES	604584094	lvelasquez@muniex.cl

Nombre	Institución	Cargo	Teléfono	Correo
Leila Osorio	BADINOTTI	JEFA Comercial	984649521	Losorio@BadinoTi.com
Nenny Valenzuela	Salmones Aysen	J. de Negoc.	978851111	NValenzuela@SalmonesAysen.cl
Irati Camarasa	SOPEX	MUSEO	933166015	i.camarasa@sope.cl
M ^{ra} Olga Millamón	BADINOTTI	JEFA COMERCIAL	96427521	mmillamon@BadinoTi.com
Hernán Soto	NITTO	Asesor TCO	981932976	hsoto@nitto.cl
Meliana Quiroga	Fibras Industriales		953876538	melianaqui@fibras.cl
Victor Vidal	Salmones de Chile	C. Gestión	989282749	V Vidal@Salmones-dechile.cl
Guillermo Adas	Salmones de Chile	Operación	982220940	masadas@salmones-dechile.cl
Patricio Buitrago	TALON AVICOLA	Operación	963880960	patricio@talon-avicola.cl
Luis Pedro Soto	Talcahuano	Producción	966463889	S.FEDER@TRAVELLANUS.cl
Gonzalo Tampier	UACH	ACAD	971929217	gonzalo.tampier@uach.cl
Ignacio Mattar	SORKEN	Gate Serv	988148449	I.Mattar@SORKEN.cl
Carlos Arce	AC RENES	STE OPP	958400100	carlos.arce@ACRENES.cl
Hugo Carril	Inchalam	SAT SAT	957006492	hugo.carril@inchalam.cl
A. SAAVEDRA	INCHALAM	JEFE TECNICO	959120148	ALVARO.SAAVEDRA@inchalam.cl
Alejandra San Martín	Kohinoor Roper	T. Sales Manager	999279104	alejandra@KohinoorRoper.cl
José Luis Valenzuela	AKVA Group	Product Manager	961705214	JValenzuela@AKVAGroup.cl
Nicolás Castaño	Salmones de Chile	C. Gestión Opp.	966207799	nycastano@salmones-dechile.cl
CRISTIAN CATECAN	SALMONES DE CHILE	OPERACIONES	938688643	ccatecan@salmones-dechile.cl
SUSANA GIGLIO	SUBPESCA	Profesional	9	SGiglio@SUBPESCA.cl

14 Composición y organización del equipo profesional

El equipo profesional que desarrollo el proyecto está constituido por profesionales amplia experiencia y conocimiento del sector pesquero y acuícola nacional, con amplia experiencia tanto investigación como el desarrollo de proyectos en asistencias técnicas de carácter público y privado.

Tabla 33 - Composición del Equipo de trabajo

Nombre	Profesión	Institución	Función
Carlos Felipe Hurtado Ferreira	Ingeniero Pesquero Doctor en Acuicultura	PUCV	<p><u>Jefe de proyecto</u></p> <p>Profesional responsable de velar por el correcto desarrollo del proyecto, por tanto, del cumplimiento de objetivos y actividades; participando activamente en cada etapa de este.</p> <p>Además, el encargado de mantener contacto permanente con la contraparte de FIPA-SUBPESCA, de participar de las reuniones de trabajo que se acuerden de forma conjunta.</p>
Dante Queirolo	Ingeniero Pesquero, Doctor	PUCV	<p><u>Director alterno e investigador principal</u></p> <p>Profesional experto en desempeño de redes para la pesca acuicultura. encargado de velar por el cumplimiento de los objetivos del proyecto.</p>
Jorge Serrano	Ingeniero pesquero, Ingeniero Civil industrial, MBA	PUCV	<p><u>Investigador</u></p> <p>Profesional Responsable de diseñar, contactar y ejecutar entrevistas a proveedores y usuarios de redes para la acuicultura, contactar a principales actores de la industria nacional para taller de difusión, Contribuir al desarrollo del objetivo específico 1, 3, 4 y 5.</p>
Jesús López	Ingeniero acuícola, MSc Recursos	PUCV	<p><u>Co-Investigador</u></p>

	acuáticos, Dr © acuicultura		Profesional Responsable de coordinar las actividades de cada objetivo específico del proyecto. Coordinar y ejecutar entrevistas y reuniones para la elaboración del taller de difusión, Contribuir al desarrollo del objetivo específico 1, 2, 3, 4 y 5.
Jean Pierre Toledo	Ingeniero Civil oceánico, Dr. © acuicultura	PUCV	<p style="text-align: center;"><u>Co-Investigador</u></p> Profesional encargado de contribuir en el desarrollo de objetivos específico 1 y objetivo específico 2. Identificando en las referencias u normativas los elementos técnicos claves para pruebas de resistencia en redes y además la obtención de los coeficientes de arrastre experimentales y numéricos.

14.1 Asignación de personal profesional y técnico (HH)

14.1.1 Felipe Hurtado (Investigador principal, director de proyecto)

Felipe Hurtado (Inv. Principal - aspectos tecnicos-gobernanza)		M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	M13	M14	M15	M16	Total
ACTIVIDADES GENERALES																		
1.1	Reuniones internas del equipo de trabajo PUCV	3	3	6	3	3	3	6	3	3	3	6	3	6	1	1	1	54
1.2	Reunión de coordinación con contraparte tecnica FIPA y SUBPESCA	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
1.3	Encuesta a talleres de redes, laboratorios,proveedores de redes peceras y loberas	6	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12
1.4	Taller de difusión	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	5
O.E.1: Identificar los elementos técnicos para realizar las pruebas de resistencia de redes en base a normativas existentes (por ejemplo, ISO 1806-2002, 1107-2003, etc.) u otros.																		
2.1	Revisión bibliografica de pruebas de resistencia de redes en normativas, estudios científicos, experiencias academicas e industria	15	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20
2.2	Determinar los elementos tecnicos para realizar pruebas de resistencia de redes	0	15	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20
O.E.2: Estimar el coeficiente de arrastre para una red de cultivo de salmones, con fouling.																		0
3.1	Determinar características tecnicas de redes loberas y peceras a estudiar (material, tamaños de malla, titulos o diámetros, entre otros)	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10
3.2	Revisión bibliografica y /o encuestas de la composición del fouling zona sur austral	15	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20
3.3	Obtención y transporte de paños de redes peceras y loberas con y sin fouling mediante bastidores	0	6	8	8	8	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	38
3.4	Determinar los porcentajes de cobertura de los paños de red obenidos y presencia de composición del fouling	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
3.4	Evaluación experimental de paños de redes loberas y peceras en canal de prueba INH	0	0	0	0	0	2	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10
3.5	Estimación de Coef arrastre para redes evaluadas en canal de prueba	0	0	0	0	0	2	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10
3.6	Estimación de Coef arrastre mediante ecuaciones empiricas	0	0	0	0	2	8	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18
3.7	Estimación de Coef arrastre para redes evaluadas modelos numericos	0	0	0	0	2	8	8	4	0	0	0	0	0	0	0	0	22
3.8	Comparación resultados obtenidos por los tre medios de obtención de coeficiente de arrastre	0	0	0	0	0	0	8	8	0	0	0	0	0	0	0	0	16
O.E.3: Identificar los elementos técnicos a considerar para la extensión de vida útil de las redes.																		
4.2	Elaboración y realización de un encuesta para proveedores y usuarios de redes peceras y loberas	3	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7
4.3	Análisis de encuesta y entrevistas realizada para proveedores y usuarios de redes peceras y loberas	0	1	8	8	8	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	29
4.4	Elaboración de una propuesta de elementos tecnicos para extender vida util	0	0	6	8	8	4	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	34
O.E.4: Determinar los elementos técnicos para la verificación y certificación de las redes, y entregar una propuesta de los protocolos para dichas verificaciones y/o certificaciones.																		0
5.1	Elaboración de un sistema de trazabilidad conceptual de redes de cultivo y loberas	0	0	0	8	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16
5.2	Identificación de las condiciones mínimas de operación o uso de las redes peceras y loberas	0	0	0	0	0	0	8	8	4	0	0	0	0	0	0	0	20
5.3	Definición los elementos tecnicos para verificar y certificar las redes de cultivo y loberas	0	0	0	0	0	0	0	8	8	2	0	0	0	0	0	0	18
5.4	Elaboración de un protocolo de verificación y certificación de redes de cultivo y loberas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	4
O.E.5.: Proponer los requisitos que deben cumplir los laboratorios o talleres especializados en redes, para cumplir con una normativa de certificación de redes.																		0
6.1	Elaboración de un listado de equipos necesarios para ejecutar las pruebas de resitencia de redes	0	0	0	0	0	0	0	8	8	8	0	0	0	0	0	0	24
6.2	Elaboración de una propuesta de competencias tecnicas del personal a cargo de las labores de certificacion y verificacion	0	0	0	0	0	0	0	8	8	8	0	0	0	0	0	0	24
6.3	Elaboración de un compendio de resultados, conclusiones y recomendación del taller de difusión	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	8	0	0	0	0	0	10
ELABORACIÓN Y ENTREGA DE INFORMES																		0
a	Elaboración Primer Informe Avance	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
b	Entrega Primer Informe de Avance	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10
c	Elaboración Segundo Informe Avance	0	0	0	0	0	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20
d	Entrega Segundo Informe de Avance	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
e	Elaboración pre- informe final	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0	0	0	0	20
f	Entrega pre- informe final	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	10
g	Elaboración Informe Final	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
h	Entrega Informe Final	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total Horas Mensuales		46	45	58	35	39	39	80	55	31	27	39	3	16	1	2	1	

14.1.2 Dante Queirolo (Investigador)

Dante Queirolo (Inv. aspectos técnicos tensiometría)		M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	M13	M14	M15	M16	Total
ACTIVIDADES GENERALES																		
1.1	Reuniones internas del equipo de trabajo PUCV	3	3	4	2	2	2	4	2	2	2	4	1	2	1	1	1	36
1.2	Reunión de coordinación con contraparte técnica FIPA y SUBPESCA	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	5
1.3	Encuesta a talleres de redes, laboratorios,proveedores de redes peceras y loberas	6	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12
1.4	Taller de difusión	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	5
O.E.1: Identificar los elementos técnicos para realizar las pruebas de resistencia de redes en base a normativas existentes (por ejemplo, ISO 1806-2002, 1107-2003, etc.) u otros.																		0
2.1	Revisión bibliografica de pruebas de resistencia de redes en normativas, estudios científicos, experiencias academicas e industria	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30
2.2	Determinar los elementos técnicos para realizar pruebas de resistencia de redes	0	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15
O.E.2: Estimar el coeficiente de arrastre para una red de cultivo de salmones, con fouling.																		0
3.1	Determinar características técnicas de redes loberas y peceras a estudiar (material, tamaños de malla, titulos o diámetros, entre otros)	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10
3.2	Revisión bibliografica y /o encuestas de la composición del fouling zona sur austral	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3.3	Obtención y transporte de paños de redes peceras y loberas con y sin fouling mediante bastidores	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3.4	Determinar los porcentajes de cobertura de los paños de red obtenidos y presencia de composición del fouling	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3.4	Evaluación experimental de paños de redes loberas y peceras en canal de prueba INH	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3.5	Estimación de Coef arrastre para redes evaluadas en canal de prueba	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3.6	Estimación de Coef arrastre mediante ecuaciones empíricas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3.7	Estimación de Coef arrastre para redes evaluadas modelos numericos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3.8	Comparación resultados obtenidos por los tre medios de obtención de coeficiente de arrastre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
O.E.3: Identificar los elementos técnicos a considerar para la extensión de vida útil de las redes.																		0
4.2	Elaboración y realización de un encuesta para proveedores y usuarios de redes peceras y loberas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4.3	Análisis de encuesta y entrevistas realizada para proveedores y usuarios de redes peceras y loberas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4.4	Elaboración de una propuesta de elementos técnicos para extender vida útil	0	0	0	0	6	8	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16
O.E.4: Determinar los elementos técnicos para la verificación y certificación de las redes, y entregar una propuesta de los protocolos para dichas verificaciones y/o certificaciones.																		0
5.1	Elaboración de un sistema de trazabilidad conceptual de redes de cultivo y loberas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5.2	Identificación de las condiciones mínimas de operación o uso de las redes peceras y loberas	0	0	0	0	0	0	0	6	4	0	0	0	0	0	0	0	10
5.3	Definición los elementos técnicos para verificar y certificar las redes de cultivo y loberas	0	0	0	0	0	0	0	6	8	2	0	0	0	0	0	0	16
5.4	Elaboración de un protocolo de verificación y certificación de redes de cultivo y loberas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	4
O.E.5.: Proponer los requisitos que deben cumplir los laboratorios o talleres especializados en redes, para cumplir con una normativa de certificación de redes.																		0
6.1	Elaboración de un listado de equipos necesarios para ejecutar las pruebas de resitencia de redes	0	0	0	0	0	0	0	0	6	8	0	0	0	0	0	0	14
6.2	Elaboración de una propuesta de competencias técnicas del personal a cargo de las labores de certificacion y verificacion	0	0	0	0	0	0	0	0	6	8	0	0	0	0	0	0	14
6.3	Elaboración de un compendio de resultados, conclusiones y recomendación del taller de difucion	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ELABORACIÓN Y ENTREGA DE INFORMES																		0
a	Elaboración Primer Informe Avance	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
b	Entrega Primer Informe de Avance	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
c	Elaboración Segundo Informe Avance	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
d	Entrega Segundo Informe de Avance	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
e	Elaboración pre- informe final	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	6
f	Entrega pre- informe final	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	4
g	Elaboración Informe Final	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
h	Entrega Informe Final	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total Horas Mensuales		43	24	24	2	8	10	10	14	26	24	15	1	6	1	2	1	

14.1.3 Jorge Serrano (Especialista en Redes)

Jorge Serrano (especialista en redes)		M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	M13	M14	M15	M16	Total
ACTIVIDADES GENERALES																		
1.1	Reuniones internas del equipo de trabajo PUCV	2	2	4	2	2	2	4	2	2	2	4	2	4	1	1	1	37
1.2	Reunión de coordinación con contraparte técnica FIPA y SUBPESCA	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	5
1.3	Encuesta a talleres de redes, laboratorios,proveedores de redes peceras y loberas	6	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12
1.4	Taller de difusión	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	5
O.E.1: Identificar los elementos técnicos para realizar las pruebas de resistencia de redes en base a normativas existentes (por ejemplo, ISO 1806-2002, 1107-2003, etc.) u otros.																		0
2.1	Revisión bibliográfica de pruebas de resistencia de redes en normativas, estudios científicos, experiencias académicas e industria	6	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8
2.2	Determinar los elementos técnicos para realizar pruebas de resistencia de redes	0	6	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8
O.E.2: Estimar el coeficiente de arrastre para una red de cultivo de salmones, con fouling.																		0
3.1	Determinar características técnicas de redes loberas y peceras a estudiar (material, tamaños de malla, títulos o diámetros, entre otros)	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10
3.2	Revisión bibliográfica y /o encuestas de la composición del fouling zona sur austral	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
3.3	Obtención y transporte de paños de redes peceras y loberas con y sin fouling mediante bastidores	0	3	7	8	8	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	34
3.4	Determinar los porcentajes de cobertura de los paños de red obtenidos y presencia de composición del fouling	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
3.4	Evaluación experimental de paños de redes loberas y peceras en canal de prueba INH	0	0	0	0	0	4	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12
3.5	Estimación de Coef arrastre para redes evaluadas en canal de prueba	0	0	0	0	0	2	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10
3.6	Estimación de Coef arrastre mediante ecuaciones empíricas	0	0	0	0	0	2	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10
3.7	Estimación de Coef arrastre para redes evaluadas modelos numericos	0	0	0	0	0	2	8	4	0	0	0	0	0	0	0	0	14
3.8	Comparación resultados obtenidos por los tre medios de obtención de coeficiente de arrastre	0	0	0	0	0	0	8	8	0	0	0	0	0	0	0	0	16
O.E.3: Identificar los elementos técnicos a considerar para la extensión de vida útil de las redes.																		0
4.2	Elaboración y realización de un encuesta para proveedores y usuarios de redes peceras y loberas	3	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7
4.3	Análisis de encuesta y entrevistas realizada para proveedores y usuarios de redes peceras y loberas	0	1	8	8	8	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	31
4.4	Elaboración de una propuesta de elementos técnicos para extender vida útil	0	0	6	8	8	6	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	36
O.E.4: Determinar los elementos técnicos para la verificación y certificación de las redes, y entregar una propuesta de los protocolos para dichas verificaciones y/o certificaciones.																		0
5.1	Elaboración de un sistema de trazabilidad conceptual de redes de cultivo y loberas	0	0	0	8	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16
5.2	Identificación de las condiciones mínimas de operación o uso de las redes peceras y loberas	0	0	0	0	0	0	8	8	4	0	0	0	0	0	0	0	20
5.3	Definición los elementos técnicos para verificar y certificar las redes de cultivo y loberas	0	0	0	0	0	0	0	8	8	2	0	0	0	0	0	0	18
5.4	Elaboración de un protocolo de verificación y certificación de redes de cultivo y loberas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	4
O.E.5.: Proponer los requisitos que deben cumplir los laboratorios o talleres especializados en redes, para cumplir con una normativa de certificación de redes.																		0
6.1	Elaboración de un listado de equipos necesarios para ejecutar las pruebas de resistencia de redes	0	0	0	0	0	0	0	8	8	8	0	0	0	0	0	0	24
6.2	Elaboración de una propuesta de competencias técnicas del personal a cargo de las labores de certificación y verificación	0	0	0	0	0	0	0	8	8	8	0	0	0	0	0	0	24
6.3	Elaboración de un compendio de resultados, conclusiones y recomendación del taller de difusión	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	8	0	0	0	0	0	10
ELABORACIÓN Y ENTREGA DE INFORMES																		0
a	Elaboración Primer Informe Avance	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
b	Entrega Primer Informe de Avance	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10
c	Elaboración Segundo Informe Avance	0	0	0	0	0	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20
d	Entrega Segundo Informe de Avance	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
e	Elaboración pre- informe final	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0	0	0	0	20
f	Entrega pre- informe final	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	10
g	Elaboración Informe Final	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
h	Entrega Informe Final	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total Horas Mensuales		24	25	52	34	34	32	78	54	30	26	37	2	14	1	2	1	

14.1.4 Jesús López (Co-Investigador)

Jesus Lopez (Co-Inv. aspectos técnicos y actividades de terreno)		M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	M13	M14	M15	M16	Total
ACTIVIDADES GENERALES																		
1.1	Reuniones internas del equipo de trabajo PUCV	2	2	4	2	2	2	4	2	2	2	4	2	4	1	1	1	37
1.2	Reunión de coordinación con contraparte técnica FIPA y SUBPESCA	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	5
1.3	Encuesta a talleres de redes, laboratorios, proveedores de redes peceras y loberas	15	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30
1.4	Taller de difusión	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	5
O.E.1: Identificar los elementos técnicos para realizar las pruebas de resistencia de redes en base a normativas existentes (por ejemplo, ISO 1806-2002, 1107-2003, etc.) u otros.																		0
2.1	Revisión bibliográfica de pruebas de resistencia de redes en normativas, estudios científicos, experiencias académicas e industria	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
2.2	Determinar los elementos técnicos para realizar pruebas de resistencia de redes	0	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
O.E.2: Estimar el coeficiente de arrastre para una red de cultivo de salmones, con fouling.																		0
3.1	Determinar características técnicas de redes loberas y peceras a estudiar (material, tamaños de malla, títulos o diámetros, entre otros)	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
3.2	Revisión bibliográfica y/o encuestas de la composición del fouling zona sur austral	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
3.3	Obtención y transporte de paños de redes peceras y loberas con y sin fouling mediante bastidores	0	15	35	40	40	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	170
3.4	Determinar los porcentajes de cobertura de los paños de red obtenidos y presencia de composición del fouling	0	0	0	0	0	0	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15
3.4	Evaluación experimental de paños de redes loberas y peceras en canal de prueba INH	0	0	0	0	0	10	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30
3.5	Estimación de Coef arrastre para redes evaluadas en canal de prueba	0	0	0	0	0	7	28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	35
3.6	Estimación de Coef arrastre mediante ecuaciones empíricas	0	0	0	16	16	8	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	52
3.7	Estimación de Coef arrastre para redes evaluadas modelos numéricos	0	0	0	8	8	8	8	4	0	0	0	0	0	0	0	0	36
3.8	Comparación resultados obtenidos por los tres medios de obtención de coeficiente de arrastre	0	0	0	0	0	0	20	20	0	0	0	0	0	0	0	0	40
O.E.3: Identificar los elementos técnicos a considerar para la extensión de vida útil de las redes.																		0
4.2	Elaboración y realización de un encuesta para proveedores y usuarios de redes peceras y loberas	9	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	21
4.3	Análisis de encuesta y entrevistas realizada para proveedores y usuarios de redes peceras y loberas	0	2	8	8	8	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	32
4.4	Elaboración de una propuesta de elementos técnicos para extender vida útil	0	0	6	8	8	6	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	36
O.E.4: Determinar los elementos técnicos para la verificación y certificación de las redes, y entregar una propuesta de los protocolos para dichas verificaciones y/o certificaciones.																		0
5.1	Elaboración de un sistema de trazabilidad conceptual de redes de cultivo y loberas	0	0	0	8	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16
5.2	Identificación de las condiciones mínimas de operación o uso de las redes peceras y loberas	0	0	0	0	0	0	8	8	4	0	0	0	0	0	0	0	20
5.3	Definición los elementos técnicos para verificar y certificar las redes de cultivo y loberas	0	0	0	0	0	0	0	8	8	4	0	0	0	0	0	0	20
5.4	Elaboración de un protocolo de verificación y certificación de redes de cultivo y loberas	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	4
O.E.5.: Proponer los requisitos que deben cumplir los laboratorios o talleres especializados en redes, para cumplir con una normativa de certificación de redes.																		0
6.1	Elaboración de un listado de equipos necesarios para ejecutar las pruebas de resistencia de redes	0	0	0	0	0	0	0	8	8	8	0	0	0	0	0	0	24
6.2	Elaboración de una propuesta de competencias técnicas del personal a cargo de las labores de certificación y verificación	0	0	0	0	0	0	0	8	8	8	0	0	0	0	0	0	24
6.3	Elaboración de un compendio de resultados, conclusiones y recomendación del taller de difusión	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	8	0	0	0	0	0	10
ELABORACIÓN Y ENTREGA DE INFORMES																		0
a	Elaboración Primer Informe Avance	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
b	Entrega Primer Informe de Avance	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10
c	Elaboración Segundo Informe Avance	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
d	Entrega Segundo Informe de Avance	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
e	Elaboración pre- informe final	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	0	0	0	0	0	15
f	Entrega pre- informe final	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	10
g	Elaboración Informe Final	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
h	Entrega Informe Final	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Total Horas Mensuales	36	51	71	90	87	120	66	30	28	32	2	14	1	2	1		

14.1.5 Jean Pierre Toledo (Co-Investigador)

Jean Piere Toledo (Co-Inv. - modelos numéricos-canal)	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	M13	M14	M15	M16	Total
ACTIVIDADES GENERALES																	
1.1 Reunion es internas del equipo de trabajo PU/CV	2	2	4	2	2	2	4	2	2	2	4	2	4	1	1	1	37
1.2 Reunión de coordinación con contraparte técnica FIPA y SUBPESCA	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	5
1.3 Encuesta a talleres de redes, laboratorios, proveedores de redes peceras y loberas	15	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30
1.4 Taller de difusión	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
O.E.1: Identificar los elementos técnicos para realizar las pruebas de resistencia de redes en base a normativas existentes (por ejemplo, ISO 1806-2002, 1107-2003, etc.) u otros.																	0
2.1 Revisión bibliográfica de pruebas de resistencia de redes en normativas, estudios científicos, experiencias académicas e industria	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
2.2 Determinar los elementos técnicos para realizar pruebas de resistencia de redes	0	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
O.E.2: Estimar el coeficiente de arrastre para una red de cultivo de salmones, con fouling.																	0
3.1 Determinar características técnicas de redes loberas y peceras a estudiar (material, tamaños de malla, títulos o diámetros, entre otros)	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
3.2 Revisión bibliográfica y/o encuestas de la composición del fouling zona sur austral	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
3.3 Obtención y transporte de paños de redes peceras y loberas con y sin fouling mediante bastidores	0	5	8	8	8	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	37
3.4 Determinar los porcentajes de cobertura de los paños de red obtenidos y presencia de composición del fouling	0	0	0	0	0	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15
3.4 B/evaluación experimental de paños de redes loberas y peceras en canal de prueba INH	0	0	0	0	0	10	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30
3.5 Estimación de Coef arrastre para redes evaluadas en canal de prueba	0	0	0	0	0	7	28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	35
3.6 Estimación de Coef arrastre mediante ecuaciones empíricas	0	0	0	40	22	16	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	86
3.7 Estimación de Coef arrastre para redes evaluadas modelos numéricos	0	0	0	40	22	16	8	4	0	0	0	0	0	0	0	0	90
3.8 Comparación resultados obtenidos por los tres medios de obtención de coeficiente de arrastre	0	0	0	0	0	0	20	20	0	0	0	0	0	0	0	0	40
O.E.3: Identificar los elementos técnicos a considerar para la extensión de vida útil de las redes.																	0
4.2 Elaboración y realización de un encuesta para proveedores y usuarios de redes peceras y loberas	9	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	21
4.3 Análisis de encuestas y entrevistas realizada para proveedores y usuarios de redes peceras y loberas	0	2	8	8	8	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30
4.4 Elaboración de una propuesta de elementos técnicos para extender vida útil	0	0	6	8	8	4	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	34
O.E.4: Determinar los elementos técnicos para la verificación y certificación de las redes, y entregar una propuesta de los protocolos para dichas verificaciones y/o certificaciones.																	0
5.1 Elaboración de un sistema de trazabilidad conceptual de redes de cultivo y loberas	0	0	0	8	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16
5.2 Identificación de las condiciones mínimas de operación o uso de las redes peceras y loberas	0	0	0	0	0	8	8	4	0	0	0	0	0	0	0	0	20
5.3 Definición de los elementos técnicos para verificar y certificar las redes de cultivo y loberas	0	0	0	0	0	0	8	8	4	0	0	0	0	0	0	0	20
5.4 Elaboración de un protocolo de verificación y certificación de redes de cultivo y loberas	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	4
O.E.5.: Proponer los requisitos que deben cumplir los laboratorios o talleres especializados en redes, para cumplir con una normativa de certificación de redes.																	0
6.1 Elaboración de un listado de equipos necesarios para ejecutar las pruebas de resistencia de redes	0	0	0	0	0	0	4	4	4	0	0	0	0	0	0	0	12
6.2 Elaboración de una propuesta de competencias técnicas del personal a cargo de las labores de certificación y verificación	0	0	0	0	0	0	4	4	4	0	0	0	0	0	0	0	12
6.3 Elaboración de un compendio de resultados, conclusiones y recomendación del taller de difusión	0	0	0	0	0	0	0	0	1	4	0	0	0	0	0	0	5
ELABORACIÓN Y ENTREGA DE INFORMES																	0
a) Elaboración Primer Informe Avance	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
b) Entrega Primer Informe de Avance	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
c) Elaboración Segundo Informe Avance	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
d) Entrega Segundo Informe de Avance	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
e) Elaboración pre- informe final	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	6
f) Entrega pre- informe final	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	4
g) Elaboración Informe Final	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
h) Entrega Informe Final	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total Horas Mensuales	36	41	39	114	78	67	116	58	22	19	14	2	8	1	2	1	