

Informe Final

Convenio de Desempeño 2020 Programa de centro de datos oceanográficos y ambientales en la zona sur-austral de Chile

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT / Diciembre 2020



Informe Final

Convenio de Desempeño 2020 Programa de centro de datos oceanográficos y ambientales en la zona sur-austral de Chile

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT / Diciembre 2020

REQUIRENTE SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMPRESAS DE MENOR TAMAÑO

Subsecretaria de Economía y Empresas de Menor Tamaño Esteban Carrasco Zambrano

EJECUTOR INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO, IFOP

Jefe División Investigación en Acuicultura Leonardo Guzmán Méndez

Director Ejecutivo **Luis Parot Donoso**

JEFE PROYECTO

Osvaldo Artal Arrieta

AUTORES

Osvaldo Artal Arrieta Pedro Valdebenito Muñoz

ÍNDICE GENERAL

Resumen ejecutivo	5
1. Antecedentes	6
1.1 Contexto	6
1.2 Sistema de monitoreo en línea	8
2. Objetivos	11
2.1 Objetivo General	11
2.2 Objetivos Específicos	11
3. Metodología	12
3.1 Metodología objetivo específico 1: Diseñar e Implementar un sistema de recepción	.12
y almacenamiento de datos de monitoreos en línea	
3.2 Metodología objetivo específico 2: Diseñar e implementar un algoritmo	de
procesamiento de datos transmitidos por la red de monitoreo	14
3.3 Metodología objetivo específico 3: Montar una plataforma web para la visualización	ı de
la información transmitida por la red de monitoreo	15
4. Gestión del proyecto	
4.1 Reuniones de coordinación con SUBPESCA	17
4.2 Reuniones académicas.	.17
4.3 Talleres de difusión	19
4.4 Compra y mantenimiento de equipo:	19
4.6 Carta Gantt del proyecto	20
5. Resultados	
5.1 Resultados objetivo específico 1: Diseñar e Implementar un sistema de recepción y	22
almacenamiento de datos de monitoreos en línea	
5.2 Resultados objetivo específico 2: Diseñar e implementar un algoritmo de procesamie	nto
de datos transmitidos por la red de monitoreo	25
5.3 Resultados objetivo específico 3: Montar una plataforma web para la visualización de	
información transmitida por la red de monitoreo	27
6. Discusión	40
7. Conclusiones	
Anexo A: Sensor multi-parámetro	.44
Anexo B: Recursos Computacionales	
Referencias bibliográficas	.47

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Esquema de funcionamiento de sistema de monitoreo en línea	9
Figura 2: Ejemplo de visualización del sistema de monitoreo para la acuicultura qu	ie se
montara en el sistema de información oceanográfica CHONOS	16
Figura 3: Esquema de los sistemas de almacenamiento tipo "RAID 1" y "RAID 5" qu	ue se
implementarán en la configuración de la red de monitoreo.	23
Figura 4: Esquema del sistema de recepción y almacenamiento de los datos adquiridos	de la
red de monitoreo de acuicultura.	24
Figura 5: Esquema del sistema de control de calidad de los datos adquiridos de la re	d de
monitoreo de acuicultura	25
Figura 6: Pagina inicio aplicación web para la información recibida por la red de monit	toreo
de las Agrupación de Concesiones de la Salmonicultura	29
Figura 7: Vista del boletín al hacer clic sobre una boya	30
Figura 8: Pagina ilustrativa de la vista del instrumento sonda multi-parámetro	31
Figura 9: Pagina ilustrativa de la vista del instrumento estación meteorológica	33
Figura 10: Pagina ilustrativa de la vista del instrumento de corrientes marinas AWAC	35
Figura 11: Pagina ilustrativa de la vista del instrumento de corrientes marinas Aquadopp	p37
Figura 12: Pagina ilustrativa de la vista del instrumento GPS	38
Figura 13: Pagina ilustrativa de la vista del sistema central de la boya	39
Figura 14: Sensor multi-parámetro WiMO de NKE	44

Índice de tablas

Tabla 1: Variables a monitorear por cada boya según lo expuesto en el artículo 87 ter (Ley
General de Pesca y Acuicultura). Tabla tomada desde Hormazábal (2018)10
Table 2: Características específicas de cada una de las variables a monitorear por cada
boya. Tabla tomada desde Hormazábal (2018)12
Tabla 3: Resumen de los rangos de medición, precisión y resolución de los sensores de
multi-parámetro WiMO45
Tabla 4: Especificaciones técnicas servidor web para sistema de monitoreo de las ACS
ubicado en Data Center en Santiago46
Table 5: Especificaciones técnicas servidor de almacenamiento de respaldo de información
de las ACS ubicado en IFOP-Putemún, Castro46

RESUMEN EJECUTIVO

Este informe presenta el estado actual y el desarrollo del sistema de recepción, almacenamiento y visualización del sistema de monitoreo de las Agrupaciones de Concesiones de la Salmonicultura (ACS). El propósito de este sistema es implementar un repositorio de datos de variables oceanográficas y meteorológicas con el fin de generar información útil para la toma de decisiones y el conocimiento ambiental. Específicamente, este tipo de sistemas de monitoreo permitirán a futuro estudiar adecuadamente factores que influyen en el desarrollo de acontecimientos como las floraciones de algas nocivas (FAN), identificar zonas con aguas de bajo oxígeno, impactos de la industria acuícola (escapes de salmones, mortandad de salmones, dispersión de virus ISA o de caligus, etc), y la contaminación de bancos naturales.

Para esta primera etapa del proyecto se consideraba contar con al menos un par de boyas oceanográficas en el Seno de Skyring en la región de Magallanes. Esto no fue posible dada la contingencia sanitaria producto de la pandemia del Covid-19. Por esta razón, se logró acceder a la única boya operativa que actualmente esta operando en la zona Sur-Austral de Chile. Esta boya se encuentra desplegada en el Seno del Reloncaví, y es administrada por el centro I-Mar de la Universidad de los Lagos. A su vez, se adquirió una sensor oceánico multi-parámetro el cual comenzará a funcionar durante el primer trimestre del año 2021. Se espera que durante el año 2021 comiencen a transmitir información ambiental las primeras boyas oceanográficas operadas por las ACS.

IFOP gestionó la adquisición de un servidor para almacenar la información generada en cada estación de monitoreo, procesar los algoritmos de desarrollo que permiten la visualización web de los resultados, proporcionar alertas y notificar ante posibles fallos en el sistema. El servidor se encuentra operando en un *Data Center* con altos estándares de seguridad, con lo que asegura tanto la continuidad operacional de sus servicios, como los requerimientos de un sistema de monitoreo de alto nivel. Además, un segundo servidor ubicado en la sede IFOP-Putemún funciona como sistema de almacenamiento complementario, brindando mayor seguridad a la información.

El sistema de visualización fue desarrollado con los datos de la boya de I-Mar, pero es portable a los datos de las ACS. La aplicación web para la visualización de la información está disponible en el sitio web http://chonos3.meteodata.cl/boyas/home. Este visor web permite observar los registros históricos, seleccionar un periodo de interés o ver el estado actual de las condiciones ambientales. A su vez, se implementó un sistema de alerta que notifica al usuario sobre el potencial desarrollo de un evento extremo, mediante la definición de umbrales sobre las condiciones monitoreadas.

1. ANTECEDENTES

1.1 Contexto

La variabilidad de los procesos oceanográficos y atmosféricos, además de las actividades que se desarrollan actualmente en las regiones de Los Lagos, Aysén y Magallanes tienen una importante influencia en la recurrencia de fenómenos naturales como la marea roja o brotes de patógenos (Buschmann et al., 2009). Por otra parte, diversos estudios abarcan sobre los potenciales impactos del cambio climático en los ecosistemas marinos (Sarmiento et al., 2004, Hoegh-Guldberg & Bruno, 2010 y Collins et al., 2010) y de la necesidad de implementar sistemas de información para su estudio (Malone et al., 2010). La escasez de información limita en parte conocer sobre el impacto real del cambio climático en los ecosistemas costeros en Chile. Esto ha creado la necesidad de instalación de sistemas de observación que registren con alta resolución temporal la variabilidad climática oceanográfica local y regional con el fin de monitorear parámetros ambientales que permitan aumentar el conocimiento del sistema marino y generar alertas ambientales. En el ámbito de la acuicultura en los fiordos y canales de la Patagonia chilena, el monitoreo en línea se plantea como una herramienta de gran valor para la adecuada sincronización entre el manejo productivo y las condiciones ambientales, así como para la oportuna reacción ante eventos de riesgo.

La instalación de sistemas de observación de boyas oceanográficas y estaciones meteorológicas forman parte de los instrumentos más usados a nivel mundial. Estos sistemas nos permiten registrar y transmitir información de las condiciones ambientales en tiempo casi real para la toma de decisiones. Contar con sistemas de monitoreo (vigilancia) en línea y continuo de nuestro océano adyacente tiene efectos importantes en diferentes campos, como la modulación del clima (e.g. agricultura asociada a zonas costeras), las actividades acuícolas (e.g. pesquerías, acuicultura, turismo), o las exigencias de transporte seguro, entre otras. Para lograr un óptimo monitoreo de nuestra diversidad de ecosistemas, se requiere de instrumental oceanográfico y meteorológico con normas de calidad estandarizadas, laboratorios de calibración calificado, equipamiento de gran envergadura que permita compartir datos de alta calidad y representativos de cada región que se ajusten a las necesidades del país, y por, sobre todo, una plataforma que permita difundir los datos a la comunidad científica y al público en general (Sandoval et al., 2018).

En este sentido, se está llevando a cabo el desarrollo e implementación de una serie de medidas y normativas, las cuales están dirigidas a resolver los principales temas sanitarios y ambientales que afectan a la acuicultura de nuestro país. En los últimos años se observa una importante evolución del conocimiento de la oceanografía de la zona austral de Chile motivada por la necesidad de gestionar en forma sustentable el desarrollo de la industria

acuicultora (Quiñones et al., 2019) y apoyada por diversas iniciativas con financiamiento público (e.g. proyectos de Convenio de Desempeño, suscrito entre la Subsecretaría de Economía y Empresas de Menor Tamaño y el Instituto de Fomento Pesquero, proyectos de investigación el Fondo de Investigación Pesquera y Acuícola (FIPA), así como también el programa de investigación CIMAR (Silva & Palma, 2008) del Comité Oceanográfico Nacional (CONA) y diferentes fuentes de financiamiento privado. De esta forma, la investigación del océano y la atmósfera en la región se ha convertido en un instrumento vital para el óptimo desarrollo de la pesca y la acuicultura, así como también para otras actividades, como el turismo, la navegación segura y la conservación-sustentabilidad ambiental, permitiendo tomar decisiones en pos del crecimiento sustentable de las regiones. Desde la perspectiva socio-económica, surge la necesidad impostergable de generar una adecuada sincronización entre el manejo productivo de la acuicultura en los fiordos y canales de la Patagonia chilena y el conocimiento de las condiciones ambientales que la sustentan, a través de un sistema de monitoreo permanente y en línea con los usuarios acuícolas. De esta forma, se pretende lograr una oportuna reacción ante eventos de riesgo. como las ocurrentes emergencias sanitarias provocadas por evento de floramientos algas nocivas.

El artículo 87 ter de la Ley General de Pesca y Acuicultura indica "A fin de tener un control en línea de los parámetros ambientales de las agrupaciones de concesiones de acuicultura, deberán éstas disponer de una tecnología que registre y transmita al menos indicadores de conductividad, salinidad, temperatura, profundidad, corrientes, densidad, fluorescencia y turbidez". Bajo esta disposición de la Ley, la Subsecretaria de Pesca y Acuicultura está elaborando una propuesta de un Reglamento de Monitoreo en Línea, que entregue las especificaciones y exigencias que permitan implementar una red de monitoreo, considerando todos los componentes necesarios para acceder a la información, el seguimiento y mantención de las bases de datos generadas, entre otros aspectos.

El desarrollo e implementación del sistema de monitoreo de parámetros ambientales para las Agrupaciones de Concesiones, permitirá realizar descripciones de la situación ambiental de los canales, fiordos y océano adyacente, lo que permitirá por ejemplo enfocarse en el pronóstico, para favorecer las medidas preventivas frente a eventos o anomalías ambientales que puedan poner en riesgo la actividad acuícola. Además, los sistemas de monitoreo permitirán generar una base de datos apropiada para realizar estudios orientados a evaluar el impacto de fenómenos de baja frecuencia, como los vinculados al Fenómeno de El Niño o al Cambio Climático, entre otros.

Lo anteriormente señalado, crea la necesidad de generar un repositorio de los datos de las variables obtenidas desde las estaciones de monitoreo hacia un servidor centralizado. Según lo indicado en la Ley de Pesca, el Instituto de Fomento Pesquero (IFOP), en su

calidad de organismo técnico especializado en investigaciones científicas en materia de pesquerías y acuicultura, es quién administrará las bases de datos generadas en las actividades de investigación y monitoreo de las pesquerías y de la acuicultura, conforme a las políticas que se definan por el Ministerio.

En base a lo señalado, el Instituto de Fomento Pesquero será el organismo técnico que deberá hacerse cargo de la recepción de todos los datos transmitidos desde todas las estaciones de monitoreo en las regiones de Los Lagos, Aysén y Magallanes. El objetivo de implementar el repositorio de datos de variables oceanográficas y meteorológicas es con el fin de que estas variables puedan ser almacenadas, procesadas, y se conviertan en información útil para la toma de decisiones.

1.2 Sistema de monitoreo en línea

Una limitación general de la oceanografía es la falta de datos de terreno disponibles en tiempo real o casi real. Contar con una red de equipos capaces de entregar datos en tiempo real permite mejorar el conocimiento de los sistemas oceanográficos y atmosféricos, facilitando por ejemplo la toma de decisiones de las autoridades en caso de emergencias ambientales o bien para la planificación costera. Esta red de monitoreo permite a su vez, entender los impactos locales de la variabilidad y cambio climático, la dinámica de los procesos regionales acoplados aire-mar a lo largo de la costa de Chile y su tele-conexión asociada a la variabilidad climática tropical, y al transporte de propiedades y sus relaciones con el clima del Pacífico entre otras. En otro contexto, estos sistemas de observación también permiten evaluar y mejorar los modelos numéricos de la región, dado que contar con información continua en el tiempo permite reducir los errores de dichos modelos e incluso permite desarrollar modelos de re-análisis regional.

A nivel mundial, son diversos los países y organizaciones que han implementado un sistema de observación del océano en tiempo real; La Comisión Oceanográfica Intergubernamental de la UNESCO (COI), la Organización Meteorológica Mundial (OMM), junto con otras organizaciones patrocinan el Sistema Mundial de Observación de los Océanos (GOOS). El programa COPERNICUS perteneciente a La Unión Europea (UE) está compuesto por información espacial *in situ* de estaciones meteorológicas, boyas oceánicas y estaciones de calidad del aire. El sistema ARGOS cuenta con información espacial y datos de observación *in situ* provenientes de boyas ancladas y a la deriva, presentes en todo el mundo. También existe el programa "Global Tropical Moored Buoy Array, NOAA" (GTMBA) y muchos más en el resto del mundo. Algunos se encuentran integrado al GOOS y/o pertenecen a las principales agencias de investigación de los océanos, mientras que otros, se desarrollan/administran a escala regional o se encuentran en los primeros niveles de implementación. En general, las grandes potencias del mundo y los

países que se desarrollan principalmente en base a los recursos marinos, son los que tienen los mejores y más completos sistemas de observación, sin embargo, los productos de muchos de estos sistemas son inaccesibles para el público general, y sólo se puede acceder a sus especificaciones y datos mediante la inscripción y/o pago en las diferentes plataformas de difusión.

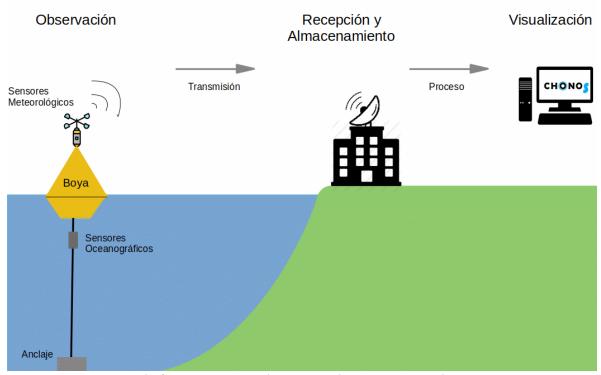


Figura 1: Esquema de funcionamiento de sistema de monitoreo en línea.

Actualmente la operación de boyas en Chile es muy limitada. Desde el 2014, se han tratado de mantener operativas 4 boyas oceanográficas mantenidas por la Universidad de Los Lagos, Universidad de Concepción, Universidad de Chile y Universidad de Coquimbo. Estas boyas corresponden a la boya POSAR, Tongoy, Reloncaví y Puyuhuapi. La boya posar recibe el nombre de "Plataforma de Observación del Sistema Acoplado Océano Atmósfera" y se encuentra situada a ~10 km frente a la desembocadura del río Itata (http://www.cr2.cl/posar/). La boya POSAR actualmente se encuentra en mantención programada luego de operar normalmente entre Agosto 2019 y Marzo 2020. Las boyas Tongoy, Reloncaví y Puyuhuapi se encuentran ubicadas en los sectores del mismo nombre. Las boyas Tongoy y Reloncaví se encuentran al día de hoy operativas. La boya Puyuhuapí se encuentra en mantención y será instalada nuevamente el 2021, en el mismo fiordo Puyuhuapi pero no en el mismo punto. Los datos de todos estas boyas pueden encontrarse en el "Centro de Datos Oceanograficos y Meteorológicos, (CDOM)". CDOM es una plataforma de visualización y descarga de información oceanográfica y meteorológica de

Chile, creada por COPAS Sur-Austral en colaboración con CEAZA. (http://www.cdom.cl/)".

En este contexto el sistema de boyas oceanográficas y atmosféricas instaladas por las agrupaciones de concesiones de la acuicultura aumentará exponencialmente el monitoreo en tiempo real (o casi real) de la Patagonia chilena, aportando información valiosa para la toma de decisiones y para el conocimiento ambiental. La adquisición, instalación y transmisión de la información registrada por cada boya es responsabilidad de las Agrupaciones de Concesiones de la Salmonicultura. Por otra parte, la recepción, almacenamiento y visualización de resultados estarán a cargo del Instituto de Fomento Pesquero, siendo la parte fundamental de este convenio de desempeño ASIPA. Un esquema del funcionamiento de todas las componentes del sistema de monitoreo puede observarse en la Fig. 1.

Estas boyas permiten registrar las condiciones ambientales mediante una serie de instrumentos de medición oceanográficos y meteorológicos. De acuerdo a las necesidades del proyecto, la selección de las variables esenciales a monitorear fueron consideradas según lo expuesto en el artículo 87 ter (Ley General de Pesca y Acuicultura). Estas variables fueron sugeridas en el proyecto FIPA 2016-68 y son resumidos en la Tabla 1 (Hormazábal, 2018).

Tabla 1: Variables a monitorear por cada boya según lo expuesto en el artículo 87 ter (Ley General de Pesca y Acuicultura). Tabla tomada desde Hormazábal (2018).

Meteorológicas	Oceanográficas
Temperatura	Temperatura
Presión atmosférica	Conductividad/Salinidad
Viento (magnitud y dirección)	Presión/Profundidad
Radiación solar	Corrientes
Precipitación	Fluorescencia
-	Turbidez
	Nutrientes (nitrato, amonio, fosfato)
	Oxígeno disuelto
	pH
	FAN

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo General

Diseñar e implementar un sistema de almacenamiento, procesamiento y visualización de datos oceanográficos/meteorológicos transmitidos por de la red de monitoreo de la acuicultura en las regiones de Los Lagos, Aysén y Magallanes.

2.2 Objetivos Específicos

- 2.2.1 Diseñar e Implementar un sistema de recepción y almacenamiento de datos de monitoreos en línea.
- 2.2.2 Diseñar e implementar un algoritmo de procesamiento de datos transmitidos por la red de monitoreo.
- 2.2.3 Montar una plataforma web para la visualización de la información transmitida por la red de monitoreo.

3. METODOLOGÍA

3.1 Metodología objetivo específico 1: Diseñar e Implementar un sistema de recepción y almacenamiento de datos de monitoreos en línea.

La red de monitoreo de la acuicultura estará basada en boyas con sensores oceanográficos y atmosféricos ubicadas estratégicamente a lo largo de las regiones de Los Lagos, Aysén y Magallanes. La ubicación de cada una de las boyas desplegadas será elegida de manera estratégica entre la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura y las Agrupaciones de Concesiones de la Salmonicultura (ACS) a lo largo de las regiones de Los Lagos, Aysén y Magallanes. Se pretende contar con al menos una boya por cada barrio de salmonicultura, aunque esta cantidad puede aumentar dependiendo de las condiciones hidrodinámicas de dicho barrio. Estas boyas permiten registrar las condiciones ambientales mediante una serie de sensores que realizan una medición precisa en tiempo real de diferentes variables oceanográficas y atmosféricas. Para asegurar un óptimo funcionamiento del sistema de información, cada uno de estos sensores debe contar con los estándares de calidad necesarios para proporcionar información confiable de cada una de las variables registradas. Estás fueron seleccionadas considerando las variables exigidas en la Ley, sumada a otras que pudieran verse afectadas por las actividades acuícolas o que pudieran explicar algunos de los efectos que esta tendría sobre el ambiente. Asimismo, para las variables meteorológicas, se consideraron las indicaciones dadas por la Organización Mundial De Meteorológia (OMM), que especifican las variables a medir y los requerimientos necesarios, de sensores y equipos, que se deben tener para lograr un dato válido. Las principales variables que eventualmente serían monitoreadas se encuentran resumidas en Hormazábal (2018) y sus características específicas y rangos de operación en la Tabla 2.

Table 2: Características específicas de cada una de las variables a monitorear por cada boya. Tabla tomada desde Hormazábal (2018).

	Variables	Unidad de medida	Rango de medición	Resolución	Exactitud / Precisión
Meteorológicas	Temperatura	°C	-20 a 45 (SOA) -80 a 60 (OMM)	0,1	±0,3
oló	Presión	hPa	500-1080	0,1	$\pm 0,1$
30r	Magnitud viento	$\mathrm{ms}^{\text{-1}}$	0-70	0,5	\pm 0,5 (Mag. <5)
lete					$\pm 10\%$ (Mag. > 5)
\geq		Knt	0-137	0,05	±0,05 (Mag. <10)
					$\pm 10\%$ (Mag. > 10)
	Dirección viento	Grados (°)	0-360	5	±5
	Ráfaga viento	ms^{-1}	7-75	0,5	
			12/49		

CONVENIO DE DESEMPEÑO 2020 – IFOP / SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT: Informe Final

"Programa de centro de datos oceanográficos y ambientales en la zona sur-austral de Chile"

		Knt	9-146	2	± 10%
	Radiación solar	$W m^{-2}$	0-1800	1	±5% de rango medido en un día
	Precipitación	mm	0 a > 400	0,2	±0,1 (Prep. <5) ±4% (Prep.>5)
Oceanográficas	Velocidad corrientes	m s ⁻¹	Columna de	Celdas de	$\pm 1\% \pm 5 \text{ mm s}^{-1}$
ráf	D:	G 1 (0)	agua de 25 m	1m.	. ~
5 60	Dirección corrientes		0-360	5	±5
an	Presión	Bar	-	0,1	± 1%
e	Profundidad	m	-	0,1	± 1%
\circ	Temperatura	$^{\circ}\mathrm{C}$	2-20	0,01	$\pm 0,05$
	Salinidad	g Kg ⁻¹ /PSU	0-38	0,01	$\pm 0,05$
	(Conductividad)	(mS cm ⁻¹)	(0-60)	(0,001)	(± 0.005)
	Oxígeno disuelto/	MLL^{-1}	0-10	0,1	$\pm 0,1$
	% Saturación	mg L ⁻¹	0-7	0,07	± 0.07
		%	0-200	0,1	± 0.5
	Turbidez (medir a	NTU	0-1000	0,5	± 0,5
	800 – 890 nm) pH	-	1-14 (general) 7-9 (fiordos)	0,1	± 0,5
	Nitrato	μM	0-34 (superficie) 8-31	0,1	± 0,5
	Amonio	μМ	(subsuperficial) 0-2,56 (superficie) <1 -2,01	0,01	± 0,05
	Fosfato	μΜ	(subsuperficial) 0-2,0 (superficie) 0,8 - 2,79	0,01	± 0,05
	Fluorescencia	$Mg~m^{3}/~\mu$ L^{1}	(subsuperficial)	0,01	± 0,01

La información registrada por cada uno de los sensores acoplados a cada una de las boyas será transmitida por la tecnología más adecuada para cada barrio de ACS. La geografía de los fiordos y canales de la Patagonia Chilena es compleja (Rodrigo, 2006) y su ubicación remota, lo que condiciona la forma en que la información es transmitida. Los sistemas de comunicación comúnmente son HF, GPRS, LPWAN y su implementación difiere para cada boya, la cual depende de la accesibilidad a la señal. Una vez transmitida la información, los datos son guardados en un formato de texto tipo ASCII y enviados a un servidor exclusivo de recepción y almacenamiento administrado por IFOP y este proyecto.

Hormazábal (2018) profundizó en los requerimientos para un óptimo funcionamiento del sistema de información: El almacenamiento debe soportar grandes volúmenes de información y debe tener la capacidad de que los usuarios puedan realizar consultas y extraer datos necesarios para sus posteriores usos, incluyendo una o varias variables para puntos geográficos determinados. Los recursos computacionales deben cumplir los requisitos mínimos para poder asegurar una comunicación fluida entre el usuario y el sistema. Debe ser escalable, es decir capaz de soportar la inclusión de nuevas variables, sin afectar a los datos anteriormente capturados ni el funcionamiento del sistema.

En este objetivo especifico se deberá establecer un equipo computacional adecuado para la recepción de los datos oceanográficos/atmosféricos provenientes de la red de monitoreo de la acuicultura. A su vez, se deberá determinar la mejor alternativa para la redundancia de la información con el fin de respaldar estos datos en caso de fallas en el hardware o emergencias ambientales como incendios, terremotos, tsunamis, entre otros.

3.2 Metodología objetivo específico 2: Diseñar e implementar un algoritmo de procesamiento de datos transmitidos por la red de monitoreo.

Las variables oceánicas y atmosféricas representan información valiosa para el desarrollo de la industria acuicultora, pues ayudan a monitorear en tiempo real las condiciones ambientales a las que se expone cada ACS. Tener información de estas condiciones por un lado permite tener un control de los procesos productivos de cada centro de cultivo y avanzar hacia un entendimiento de estos. Por ejemplo, existen rangos para las condiciones ambientales que propician un optimo crecimiento y proliferación de ciertas especies. Como también permite mejorar en la respuesta y toma de decisiones a algún evento con potencial de desastre ambiental. Los cambios repentinos y/o cuando los valores superan (o están bajo) un cierto umbral son relevantes ante posibles fallas de algún sensor o como señal de evento extremo.

El sistema de almacenamiento debe incluir la posibilidad de notificar a los usuarios y al personal a cargo ante ciertos eventos, que pueden ser configurados a partir de los valores de cada variables, por medio de alertas. Estas alertas pueden ser de una interacción directa con el usuario o el personal (notificaciones por SMS, correo electrónico) o ser automáticamente asimiladas por el sistema, con el fin de realizar una acción especifica (por ejemplo, la inyección de oxígeno por personal de algún centro de cultivo). De acuerdo a esto, el requerimiento para un sistema de monitoreo eficiente es que el sistema debe soportar la generación de alertas de acuerdo a eventos configurables sobre los valores de las variables monitoreadas (Hormazábal 2018).

La colección de datos obtenidos *in situ* por la red de monitoreo de las ACS serán sometidos a un control de calidad, el cual notificará posibles fallos en el funcionamiento del sistema. Utilizando como herramienta la programación numérica se generarán algoritmos que tendrán como función procesar los datos recibidos de cada uno de los sensores, crear una gran base de datos con esta información, emitir alertas automáticas que entreguen información sobre el estado actual en que se encuentra el sistema y finalmente mostrar los resultados en una portal web.

3.3 Metodología objetivo específico 3: Montar una plataforma web para la visualización de la información transmitida por la red de monitoreo.

Este es el objetivo principal de este proyecto, para lo cual diseñaremos una plataforma web que permita el acceso a la información transmitida por la red de monitoreo de las ACS. Esta plataforma web se actualizará periódicamente, dependiendo de la frecuencia de transmisión de los datos. Esto permitirá al público general o a usuarios específicos (aún por establecer entre Subpesca y las ACS) visualizar y/o descargar de manera directa la información de las distintas variables oceanográficas y atmosféricas para cada una de las boyas oceanográficas de la red de monitoreo de las ACS. Este sistema contará con una serie de opciones de configuración que permitirán al usuario monitorear de manera gráfica e interactiva las condiciones del océano y la atmósfera de la región de Los Lagos, Aysén y Magallanes. En la Fig. 2 se muestra un bosquejo del diseño web que se desea implementar.

El usuario tendrá la opción de seleccionar en la plataforma una gama de variables oceanográficas y meteorológicas según sea su interés, como se observa en el ejemplo de la Fig. 2 (variable temperatura superficial del mar). La herramienta dispondrá de un mapa georeferenciado de cada una de las estaciones de monitoreo, con la opción de navegar y reducir o ampliar la región para mayor detalle. Las estaciones de monitoreo serán referenciadas con una simbología que entregue información instantánea de cada variable, indicando el detalle en una leyenda sobre el mapa. Está información puede ser configurada por el usuario intercambiando entre diversas opciones estadísticas que sean de interés. Además, se podrá seleccionar por separado cada una de las estaciones de monitoreo y visualizar la variabilidad en el periodo definido para cada variable de forma gráfica, con la opción de seleccionar una fecha específica para obtener mayor detalle. La figura generada podrá ser descargada de manera directa en formato de imagen. Por otra parte, el usuario tendrá la facultad de exportar la información de manera gratuita en diversos tipos de formato (.xlsx, .txt, etc.) para ser trabajada en algún software de análisis de datos. Esta herramienta podrá implementarse en el sistema de información oceanográfica CHONOS que se encuentra disponible en el sitio web http://chonos.ifop.cl cuando se cuente con un sistema robusto cuyas mediciones sean razonables después de pasar un control de calidad.

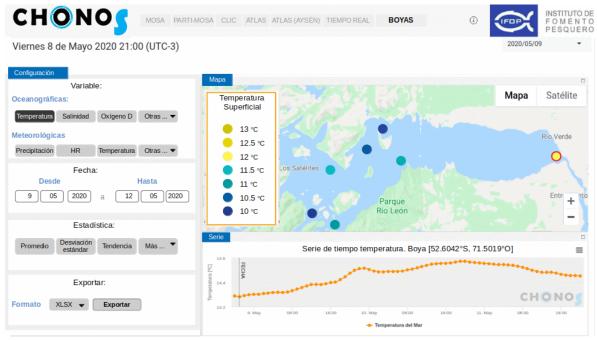


Figura 2: Ejemplo de visualización del sistema de monitoreo para la acuicultura que se montara en el sistema de información oceanográfica CHONOS.

Debido a la pandemia producida por el Covid-19 a la fecha de hoy no se encuentra desplegada ninguna boya de manera operacional. Por este motivo, y para cumplir con el objetivo de este proyecto se analizaron diferentes formas de poder suplir con esta información. En primer lugar se pensó en un convenio con el SHOA, pues ellos poseen actualmente una boya de características similares a las que eventualmente serán instaladas por las ACS. Lamentablemente por problemas logísticos y financieros está opción fue descartada. Luego, se analizó la compra de una boya oceanográfica de un valor más económico. Esto resultó en la compra de un sensor multi-parámetro (Anexo A) el cual por logística de fabricación y despacho desde el extranjero fue enviada a Chile desde Francia recién la primera semana de diciembre. Se pretende que esta boya este operativa en el primer trimestre del año 2021 y sus mediciones sean subidas a la plataforma web. Finalmente, y para contar con información de mediciones oceanográficas y atmosféricas proveniente de una boya se accedió a una boya ubicada en el seno del Reloncaví, instalada y administrada por el centro I-Mar de la Universidad de Los Lagos. El diseño que presentamos en este informe fue pensado considerando los datos de esta boya, y puede cambiar en el futuro cuando se cuente con información de las boyas de las ACS.

4. GESTIÓN DEL PROYECTO

4.1 Reuniones de coordinación con SUBPESCA

Estas reuniones entre el ejecutor del proyecto (División Investigación en Acuicultura, IFOP) y la contraparte técnica (Departamento de Acuicultura, Subsecretaría de Pesca y Acuicultura) tienen como propósito reforzar y conducir el desarrollo del proyecto hacia los temas más relevantes que dieron origen a este estudio, es decir, metodologías y grado de avance de las principales actividades asociadas al proyecto. Por otra parte, para un mejor desarrollo de las actividades comprometidas y para lograr una mayor cobertura participativa, se utilizaron distintos medios como correo electrónico, telefonía y teleconferencias. La aplicación de esta modalidad de trabajo facilita la posterior colaboración ante requerimientos específicos que se generen en el desarrollo del proyecto.

4.2 Reuniones académicas

El proyecto contempla una serie de asesorías científicas, talleres cerrados y visitas entre IFOP y diferentes asesores académicos. Estas reuniones son de carácter científico y están enfocadas a resolver problemas técnicos y de operación del sistema.

Reunión 1

Se realizó una reunión técnica con el asesor técnico Dr. Mark Falvey y Andrés Arriagada en las oficinas de CTPA-Putemún en Castro durante los días 23 y 24 de Enero del 2020. En esta reunión se discutieron aspectos técnicos del portal web y sobre las posibles mejoras a incorporar.

Fecha: 23 – 24 Enero, 2020.

Lugar: Centro Putemún, IFOP, Chiloé.

- 1. Osvaldo Artal (IFOP)
- 2. Cristian Ruiz (IFOP)
- 3. Gabriel Soto (IFOP)
- 4. Elias Pinilla (IFOP)
- 5. Pablo Reche (IFOP)
- 6. Milton Salas (IFOP)
- 7. Andres Arriagada (Meteodata)
- 8. Mark Falvey (Meteodata)

Reunión 2

Se realizó una reunión técnica con el asesor técnico Meteodata y personal de IFOP de forma telemática el día 21 de Julio del 2020. En esta reunión se discutieron los desarrollos y avances técnicos del portal web.

Fecha: 21 Julio, 2020.

Lugar: Google Meet

- 1. Osvaldo Artal (IFOP)
- 2. Andrés Arriagada (Meteodata)
- 3. Luis Avello (IFOP)
- 4. Oliver Venegas (IFOP)
- 5. Cristian Ruiz (IFOP)
- 6. Mark Falvey (Meteodata)
- 7. Pablo Reche (IFOP)
- 8. Paula Jarpa (Meteodata)
- 9. Pedro Valdebenito (IFOP)

Reunión 3

Se realizó una reunión técnica con el asesor técnico Meteodata y personal de IFOP de forma telemática el día 28 de Octubre del 2020. En esta reunión se discutieron los desarrollos y avances técnicos del portal web.

Fecha: 28 Octubre, 2020.

Lugar: Google Meet.

- 1. Osvaldo Artal (IFOP)
- 2. Pedro Valdebenito (IFOP)
- 3. Gabriel Soto (IFOP)
- 4. Elias Pinilla (IFOP)
- 5. Andres Arriagada (Meteodata)
- 6. Mark Falvey (Meteodata)
- 7. Paula Jarpa (Meteodata)

Reunión 4

Se realizó la última reunión técnica con asesor técnico Meteodata y personal de IFOP de forma telemática el día 14 de Diciembre del 2020. En esta reunión se discutieron los detalles finales del portal web.

Fecha: 14 Diciembre, 2020.

Lugar: Google Meet.

- 1. Osvaldo Artal (IFOP)
- 2. Paula Jarpa (Meteodata)

4.3 Talleres de difusión

El proyecto contempla la realización de talleres de difusión sobre el estado de avance del sistema de monitoreo en línea de la acuicultura en las regiones de Los Lagos, Aysén y Magallanes. Estos talleres pueden ser abierto a la comunidad o cerrados a la discusión académica exclusivamente con diversos especialistas en oceanografía en Chile.

Taller difusión 1

Dada la contingencia sanitaria producto del Covid-19, el taller de difusión se postergó para la primera semana de febrero. Del mismo modo, producto de la incertidumbre de la situación país se realizará vía telemática.

4.4 Compra y mantenimiento de equipo:

- 1. Se adquirió un servidor dedicado exclusivamente a este proyecto donde se instalará el motor web (nginx) y la base de datos del sistema. Las características principales del servidor son las siguientes:
 - RAM: 64GB
 - CPU: 32C, 64T, 2GHZ
 - DISCO: 12TB (HDD)
 - SO: Linux, Centos 7

Una descripción más detallada puede encontrarse en el Anexo B.

2. Se adquirió una sensor multi-parámetro WIMO con sensor de presión para ser instalado en el humedal de Putemún en la comuna de Castro. Este sensor servirá para la calibración del sistema de recepción, almacenamiento y visualización. La ventaja de esta adquisición es que la mantención de este sensor y transmisión de esta información se realizará por personal técnico de IFOP del centro Putemún en Castro. Las características de este sensor se encuentran detallada en el Anexo A. Este sensor fue enviado desde Francia durante la primera semana de diciembre, por lo que debería comenzar a funcionar durante el primer trimestre del 2021.

4.5 Convenios

- 1. Convenio SHOA IFOP: Actualmente se esta trabajando en un convenio de colaboración entre el Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada de Chile (SHOA) y el Instituto de Fomento Pesquero (IFOP). IFOP y el SHOA pretenden poner en funcionamiento una boya oceanográfica en las cercanía del puerto de Melinka, con todas sus capacidades operativas, éstas sean operación de todos los sensores, sistema de comunicación para envío de datos, mantención inicial y mantención anual. Esta información estará disponible para público en general en el sitio web CHONOS mediante gráficos de series de tiempo para las distintas variables medidas. Además se incorporará el logo institucional de SHOA y un enlace al sitio web SHOA. Por razones de presupuestos y movilidad entre regiones producto de la pandemia por Covid-19 la implementación de esta boya no ha sido posible.
- 2. Convenio I-Mar IFOP: Un trabajo de cooperación actualmente se desarrolla entre el centro I-Mar de la Universidad de Los Lagos y el IFOP. Una boya oceanográfica actualmente operativa se encuentra instalada en el Seno del Reloncaví y administrada por I-Mar. Dada la contingencia del Covid-19 y que hasta la fecha no se han implementado boyas por las ACS, esta boya servirá de ejemplo para probar el sistema de recepción, almacenamiento y visualización de la información oceanográfica y atmosférica de este proyecto.

4.6 Carta Gantt del provecto

El proyecto tiene una duración total de 12 meses entre enero y diciembre del 2020.

Actividades	E20	F	M	Α	M	J	J	Α	S	О	N	D
1. Adquisición equipo computacional	X	X										
2. Configuración software		X	X									
3. Diseñar algoritmo procesamiento de datos			X	X	X	X	X	X	X	X		
4. Diseñar algoritmo de						X	X	X	X	X	X	

alerta									
5. Documento de avance			X						
6. Sistema de visualización de datos.				X	X	X	X	X	
7. Seminario presentación de resultados								X	
8. Reuniones de coordinación		X				X			
9. Informe final									X

5. RESULTADOS

5.1 Resultados objetivo específico 1: Diseñar e Implementar un sistema de recepción y almacenamiento de datos de monitoreos en línea.

La información registrada por cada estación de monitoreo se transmitirá de manera directa al servidor de almacenamiento y recepción ubicado en el *Data Center*. Actualmente existen servicios de nube que pueden cumplir la función de recepción y almacenamiento de información. Estos sistemas son de bajo costo, pero con accesibilidad restringida, lo que imposibilita el manejo total de una base de datos que crecerá exponencialmente. A su vez, existen sistemas de almacenamiento convencionales que constan de un *hardware* físico que almacena la información. Estos sistemas aunque tienen una inversión inicial mayor, estos son de tipo código abierto y pueden instalarse sobre sistemas operativos libres (Linux), por lo que no hay costos asociados a *software* base. La información es recepcionada en un servidor que cuenta con altos recursos computacionales, permitiendo cumplir los requerimientos de alta disponibilidad, capacidad de almacenamiento, sistema robusto y escalable. Esta solución permite trabajar con información desde unos pocos *Terabytes* hasta cientos de *Petabytes*.

En el marco de este proyecto, IFOP gestionó la adquisición de un servidor dedicado, que se encarga de almacenar la información histórica generada en cada estación de monitoreo, procesar los algoritmos de desarrollo que permiten la visualización web de los resultados, proporcionar alertas y notificar ante posibles fallos en el sistema. Las características de este sistema se encuentran detalladas en el Anexo B.

Este servidor está instalado en un Data Center en Santiago con estándares establecidos en las normas internacionales ANSI / TIA / EIA-942 con lo que asegura tanto la continuidad operacional de sus servicios, como los requerimientos de proceso y almacenamiento, mencionados anteriormente. Los *Data Center* están protegidos en términos energéticos, lo que permite apagar los servidores de manera adecuada ante eventuales cortes de suministro, protegiéndolos para evitar daños o pérdidas de información.

Además este hardware funcionará como un sistema de almacenamiento de datos tipo RAID 5 o también llamado "distribuido con paridad" (Fig. 3). Este sistema hace uso de varios discos duros agrupados (al menos 3) para formar una sola unidad lógica. Esta almacena la información de forma dividida en bloques que se reparten entre los discos duros que la conforman, pero además se genera un bloque de paridad para asegurar la redundancia y poder reconstruir la información en caso de que un disco duro se corrompa. Este bloque de paridad se almacena en una unidad distinta a los bloques de datos que están

implicados en el bloque calculado. En resumen, RAID 5 es un buen sistema integral que presenta baja redundancia, proporcionando seguridad y rendimiento a un menor costo.

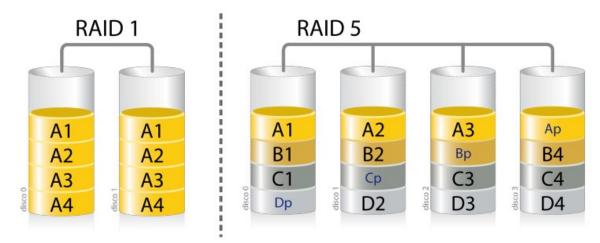


Figura 3: Esquema de los sistemas de almacenamiento tipo "RAID 1" y "RAID 5" que se implementarán en la configuración de la red de monitoreo.

Para brindar aún mayor seguridad y evitar pérdida de información valiosa en caso de fallas en el *hardware* o emergencias ambientales como incendios, terremotos, tsunamis, entre otros, se utilizará un segundo equipo de almacenamiento (*storage*) realizando la función de respaldo. Este equipo se encuentra ubicado en la sede de IFOP Putemún. El sistema cuenta con una capacidad total de almacenamiento de 24 TB y cuenta con una configuración de discos RAID 1. Esta configuración también es llamada espejo y es una de las utilizadas con mayor frecuencia para proporcionar redundancia de datos y buena tolerancia a fallos. El sistema guarda la información duplicada en dos discos duros, o dos conjuntos de discos duros (Fig. 3). Cuando se almacena un dato, este se replica automáticamente en su unidad espejo para así tener dos veces el mismo dato almacenado. Desde el punto de vista del sistema operativo, solamente se tiene una unidad de almacenamiento, a la que accedemos para leer los datos de su interior. Pero en caso de que esta falle, automáticamente se buscará el dato en la unidad replicada. También es interesante para aumentar la velocidad de lectura de datos, ya que podremos leer la información de forma simultánea de las dos unidades en espejo.

Por lo tanto, en términos de seguridad el servidor cuenta con un completo sistema de redundancia de la información con el fin de respaldar estos datos en caso de fallas en el *hardware*. La Fig. 4 representa un esquema general del procedimiento de recepción y almacenamiento de la información obtenida de la red de monitoreo.

La actividad específica correspondiente a la manipulación de los datos recibidos de cada una de las boyas oceanográficas de la red de monitoreo de las ACS se encuentra actualmente con un pequeño retraso producto que a la fecha aún no se cuenta con ninguna

boya desplegada ni transmitiendo en tiempo real por parte de las ACS. Sin embargo, ante este inconveniente IFOP ha diseñado un plan de contingencia para contar con información que permita el desarrollo del sistema de monitoreo, a partir de convenios con instituciones que cuentan con boyas similares a las que serán instaladas a futuro, equipos que por su parte se integrarán de manera complementaria a la red de observaciones.

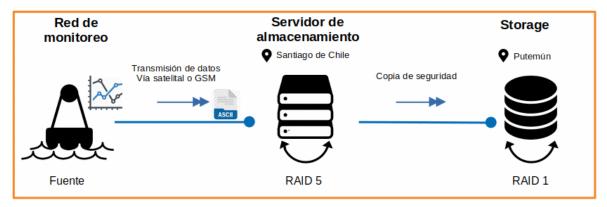


Figura 4: Esquema del sistema de recepción y almacenamiento de los datos adquiridos de la red de monitoreo de acuicultura.

El centro de investigación I-Mar a puesto a disposición una boya oceanográfica que se encuentra ubicada en el seno de Reloncaví, región de Los Lagos (latitud 41°38',183 Sur y longitud 72°50',069 Oeste). Actualmente el sistema registra información en tiempo real de variables oceanográficas y meteorológicas y cuenta con los estándares de calidad requeridos en este proyecto. Actualmente se ha integrado en el desarrollado la función de recoger la información directamente de los servidores operados por el centro I-Mar y posteriormente transferirla de manera periódica al *Data Center* de este proyecto.

5.2 Resultados objetivo específico 2: Diseñar e implementar un algoritmo de procesamiento de datos transmitidos por la red de monitoreo.

La primera etapa del sistema de procesamiento de datos consiste en un control de calidad el cual permite discriminar el estado de operación (transmitiendo / no transmitiendo) de las estaciones de monitoreo de las ACS, basándose en parámetros ambientales y técnicos definidos mediante estudios de sensibilidad y bibliografía científica. A su vez, se implementará un sistema de notificaciones sobre condiciones ambientales regionales que pueden ser de interés y que puedan distorsionar o afectar la calidad de las mediciones. De esta forma, será posible determinar si una eventual falla es producto de un evento meteorológico (tormentas, trombas, etc) y/o oceanográfico (marejadas, oleaje extremo, etc) o es producto de una falla o falta de mantención de un sensor en particular o de la boya misma.

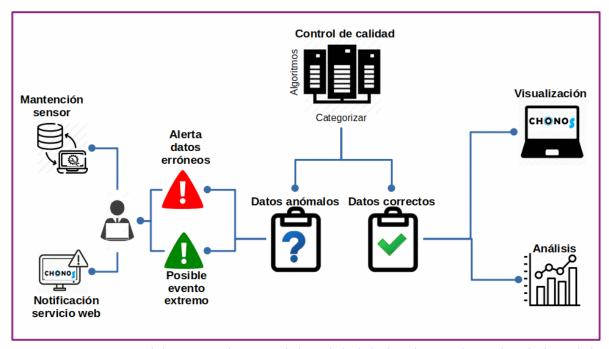


Figura 5: Esquema del sistema de control de calidad de los datos adquiridos de la red de monitoreo de acuicultura.

El esquema de la Fig. 5 muestra el proceso de control de calidad al cual serían sometidos los datos a medida que estos sean recepcionados. Este procedimiento deberá ser aplicado cada vez que se recepcionen datos de la red de monitoreo. En primera instancia se identificaría el estado de monitoreo donde la información es categorizada de acuerdo al tipo de dato que es recibido (dato anómalo, dato correcto). Esto se realizará por medio de ciertos parámetros y/o estadísticos previamente establecidos. Se emitirá un tipo de alerta al personal encargado según el tipo de anomalía registrada. Si el dato adquirido se encuentra

dentro de parámetros erróneos y dependiendo del tipo de problema (mantención de equipo, sensores descalibrados, fallas en el servidor, entre otros) se buscará restablecer el sistema cuanto antes. En el caso de que los datos estén fuera de ciertos parámetros, pero estos no sean identificados como erróneos estarán disponibles en el servidor web donde se emitirán notificaciones que alerten a los usuarios. Por otro lado, si la información es catalogada como correcta, está estará disponible para el usuario en la plataforma web del sistema.

Utilizando la boya oceanográfica del centro de investigación I-Mar se trabajó en la primera etapa del sistema de control de calidad, implementando alertas que describen de manera amigable el estado de las condiciones ambientales registradas por la boya. En el portal web de este proyecto (http://chonos3.meteodata.cl/boyas/home) es posible visualizar estos resultados.

Específicamente en esta primera etapa el sistema de alerta notifica al usuario sobre el potencial desarrollo de un evento extremo. Los algoritmos desarrollados analizan cada uno de los registros de velocidad del viento, velocidad de corriente y oxígeno disuelto, variables que son sumamente relevantes en la navegación y en la industria acuicultora. A medida que la información es procesada el sistema discrimina cuando estas variables cumplen las siguientes condiciones:

- Si la velocidad de viento supera los 50 km/h.
- Si la velocidad de corriente supera los 2 nudos.
- Si existe la presencia de aguas de bajo oxígeno.

Al cumplir al menos una de estas condiciones el sistema genera automáticamente una alerta que puede ser visualizada en la plataforma web de forma inmediata e intuitiva. El estado de la variable cambia de "normal" a un cuadro rojo de "alerta". Esto permite poner en aviso al usuario ante una posible contingencia ambiental.

Este sistema esta desarrollado con la finalidad de poder ser implementado relativamente rápido a la hora de disponer de nuevas fuentes de información. Actualmente IFOP esta preparando un equipo multi-parámetro que se instalará en las cercanías de IFOP-Putemún, el cual permitirá monitorear las variables ambientales de la reserva del humedal de Putemún. La información generada por este equipo será agregada a la brevedad al sistema de monitoreo y estará disponible en la pagina web del proyecto.

5.3 Resultados objetivo específico 3: Montar una plataforma web para la visualización de la información transmitida por la red de monitoreo.

La aplicación web para la información transmitida por las ACS fue desarrollada por Meteodata (https://www.meteodata.cl). Dado que no se cuentan con información de las boyas de las ACS, este portal web fue configurada con datos oceanográficos y atmosféricos de una boya ubicada en el Seno del Reloncaví y administrada por el centro I-Mar de la Universidad de Los Lagos. Sin embargo, cabe destacar que la aplicación web fue diseñada con plena capacidad de escalamiento y así soportar un amplio número de estaciones transmitiendo por las ACS.

El sistema de visualización fue montado en el mismo servidor de recepción y almacenamiento (Anexo B). Esta plataforma web está basado en códigos numéricos en lenguaje html, javascript y python. A su vez, se utiliza un framework web Django (https://www.djangoproject.com), el cual está basado en python. Este framework permite que el desarrollo y administración del sistema sea robusta, permitiendo la administración de base de datos, creación de usuarios de acceso, entre otras cosas. Este sistema utiliza un motor web Nginx (https://www.nginx.com). La aplicación Nginx está diseñada para ofrecer un bajo uso de memoria y una alta concurrencia. En lugar de crear nuevos procesos para cada solicitud web, Nginx usa un enfoque asincrónico basado en eventos donde las solicitudes se manejan en un solo hilo. Con Nginx, un proceso maestro puede controlar múltiples procesos de trabajo. El proceso maestro mantiene los procesos de trabajo, y son estos lo que hacen el procesamiento real. Para el manejo de datos utilizamos una base datos PostgreSQL (https://www.postgresql.org) donde se almacena toda la información recibida. Para el despliegue de observaciones en mapas 2D utilizamos la librearía abierta Leaflet (https://leafletjs.com). En resumen, el sistema comprende la integración de múltiples tecnologías web y computacionales de código abierto, las cuales se enumeran a continuación:

- PostgreSQL
- Nginx
- Highcharts 6
- Django
- Python
- Javascript
- HTML5
- Leaflet

La aplicación web desarrollada como herramienta de visualización de los datos de la red de monitoreo de las ACS se encuentra disponible en http://chonos3.meteodata.cl/boyas/home. Es importante destacar que el ambiente de

desarrollo para este sistema es el mismo utilizado en el desarrollo del portal web CHONOS, lo cual va a permitir en otras etapas del proyecto incorporar este sistema a este portal. Esto se realizará una vez que todas las variables monitoreadas pasen por un control de calidad, para asegurar que los datos sean confiables y puedan ser utilizados correctamente para la toma de decisiones. De esta manera todo el sistema quedará accesible por medio de la página de entrada de CHONOS.

Los datos oceanográficos y atmosféricos de la boya I-Mar utilizados como objeto de prueba para este sistema de visualización pueden ser resumidos en los siguientes cuatro tipos de observaciones:

- Observaciones meteorológicas: Observaciones de viento (velocidad y dirección)
 promedio y de ráfagas, además de observaciones de temperatura, presión, y
 humedad relativa relativa y precipitación. Este equipo se encuentra actualmente
 operando.
- **Sonda multi-parámetro:** Observaciones de conductividad, temperatura, clorofila, pH, presión, turbidez, oxígeno disuelto y salinidad. Este equipo se encuentra actualmente en mantención.
- Correntómetro puntual: Observaciones puntuales de corriente (velocidad y dirección). Este equipo no se volverá a instalar.
- **Perfilador de corriente:** Observaciones de perfiles de corriente en 60 niveles entre 8 y 126 m de profundidad (con celdas cada 2 m). Este equipo se encuentra actualmente en mantención.

A continuación, describiremos todo el contenido presente en el portal web. La pagina de inicio está diseñada con el objetivo de mostrar una boya oceanográfica, junto con la información de instrumentos disponibles y un boletín con las ultimas mediciones registradas, junto con un pequeño mensaje de alerta para algunas variables que detallaremos más adelante (Fig. 6). En esta pagina , podemos distinguir siete elementos, los cuales se describen a continuación:

- 1. **Mapa ubicación boyas:** Cada boya cuenta con un punto en el mapa. Al hacer clic en un punto, se despliega en el mapa una etiqueta con el nombre de la boya y un boletín con las últimas observaciones disponibles al costado izquierdo (Fig. 7).
- 2. **Identificación boya:** En la parte superior de la página principal se describen las principales características de la boya seleccionada, como su nombre, su ubicación

(latitud, longitud), fecha y hora del inicio de las observaciones disponibles en la base de datos ("Registros desde: aaaa/mm/dd hh:mm") y la fecha y hora del último registro disponible en la base de datos ("Último dato: aaaa/mm/dd hh:mm").

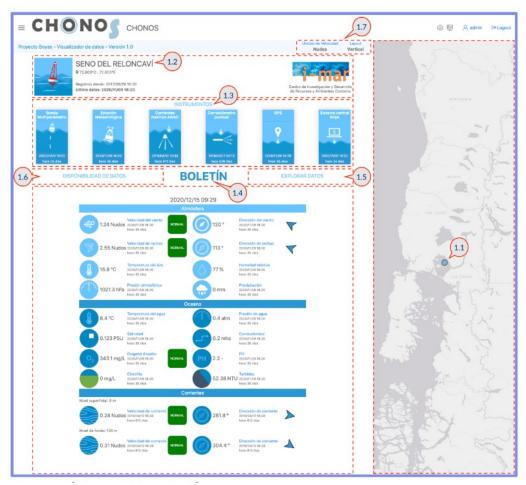


Figura 6: Pagina inicio aplicación web para la información recibida por la red de monitoreo de las Agrupación de Concesiones de la Salmonicultura.

- 3. **Instrumentos:** Lista de los equipos instalados en la boya seleccionada disponibles en la base de datos. Los íconos en la lista constituyen enlaces a las páginas específicas para cada uno de los instrumentos. En el caso de prueba de la boya I-Mar, los equipos disponibles son:
 - Sonda multi-parámetro.
 - Estación meteorológica.
 - Corrientes marinas AWAC.
 - Correntrómetro puntual.
 - GPS.
 - Sistema central.

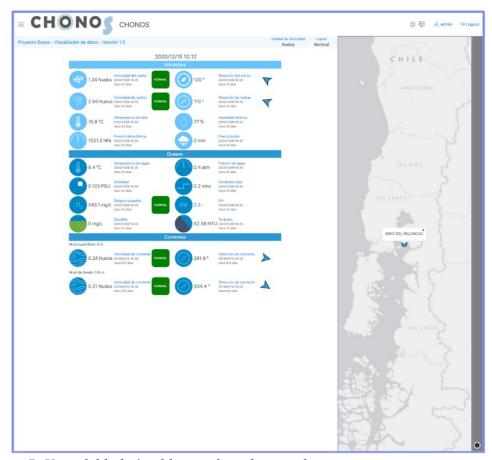


Figura 7: Vista del boletín al hacer clic sobre una boya.

- 4. **Boletín:** Reporte operativo de las últimas observaciones disponibles en la boya seleccionada, en términos de observaciones atmosféricas y oceanográficas. El reporte indica el valor de la última observación, la fecha y hora de registro, y una referencia del tiempo transcurrido desde el último registro disponible. El boletín incluye únicamente el primer y último nivel del perfilador de corrientes. Además, se incluyen alertas para las siguientes variables:
 - **Velocidad del viento:** Se alerta cuando la velocidad del viento supera los 50 km/h.
 - Oxígeno disuelto: Se alerta cuando se registran aguas de bajo oxígeno.
 - **Velocidad de corriente:** Se alerta cuando la velocidad de corriente supera los 2 nudos.
- 5. **Explorador datos:** Constituye un enlace a un visor general de datos. Este visor incluye todas las variables disponibles en la base de datos para cada boya.

6. **Disponibilidad de datos:** Constituye un enlace a información respecto de la cantidad y variedad de datos disponibles para la boya seleccionada.

7. Herramientas de visualización:

- **Unidad de velocidad:** Permite cambiar las unidades de velocidad (viento y corrientes) entre Nudos, km/h y m/s.
- Layout: Permite cambiar la visualización de la aplicación entre Vertical y Horizontal.

Al hacer clic sobre el instrumento "Sonda Multiparámetro" en el portal web se accede sobre una nueva pagina. Esta pagina permite consultar y graficar distintas variables oceanográficas físicas y químicas (Fig. 8), la cual contiene los siguientes elementos:

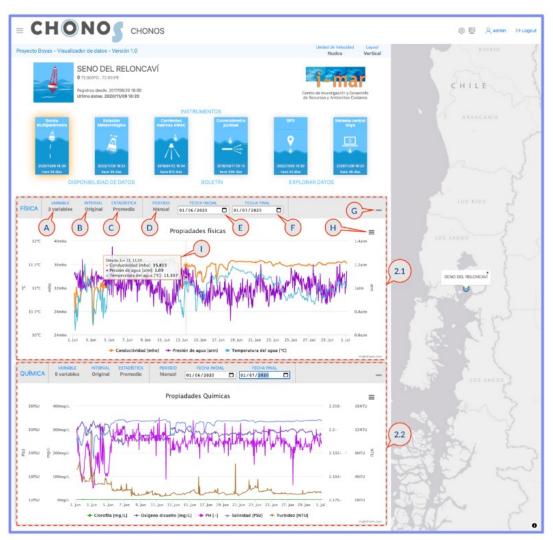


Figura 8: Pagina ilustrativa de la vista del instrumento sonda multi-parámetro.

- 1. **Visor de propiedades oceanográficas físicas:** Es una ventana gráfica interactiva de visualización de las observaciones oceanográficas físicas de la sonda multiparámetro. Contiene las variables de conductividad, presión, y temperatura del agua). Sin perjuicio de lo anterior, el visor, mediante la herramienta VARIABLE permite visualizar todas las variables de la sonda (incluidas las propiedades químicas).
- 2. Visor de propiedades oceanográficas químicas: Es una ventana gráfica interactiva de visualización de las observaciones oceanográficas para las variables oceanográficas químicas. Contiene las variables de clorofila, oxígeno disuelto, pH, y turbidez). Sin perjuicio de lo anterior, el visor, mediante la herramienta VARIABLE permite visualizar todas las variables de la sonda (incluidas las propiedades físicas).

Ambos visores cuentan con una serie de herramientas, las cuales se describen a continuación:

- A) **VARIABLE:** Permite seleccionar o de-seleccionar variables del listado total de variables (de la sonda multi-parámetro, en este caso).
- B) **INTERVALO:** Permite cambiar el intervalo de visualización de los datos entre automático, original, horario, 3-horas, diario, mensual y anual.
- C) **ESTADÍSTICA:** Permite cambiar la estadística de visualización entre promedio, máximo, mínimo, suma y fracción.
- D) **PERIODO:** Permite cambiar el periodo de visualización entre manual, último día, última semana, último mes, último año y todo.
- E) **FECHA INICIAL:** Fecha de inicio del periodo de visualización para la opción PERIODO Manual.
- F) **FECHA FINAL:** Fecha de término del periodo de visualización para la opción PERIODO Manual.
- G) MOSTRAR/OCULTAR: Permite mostrar u ocultar el visor de la visualización de página.

- H) **OPCIONES:** Permite imprimir o descargar el gráfico del visor generado en formato de imagen PNG, JPEG, PDF, o SVG. Además, permite descargar los datos con los que se construyó el gráfico en formato CSV y XLS.
- I) **ETIQUETA DESPLEGABLE:** Permite visualizar el valores cuantitativos de las distintas variables en cada punto del gráfico, al paso del cursor.
- J) **ZOOM:** Permite acercar el gráfico a un periodo o rango de interés particular, arrastrando el cursor sobre dicho periodo o rango.

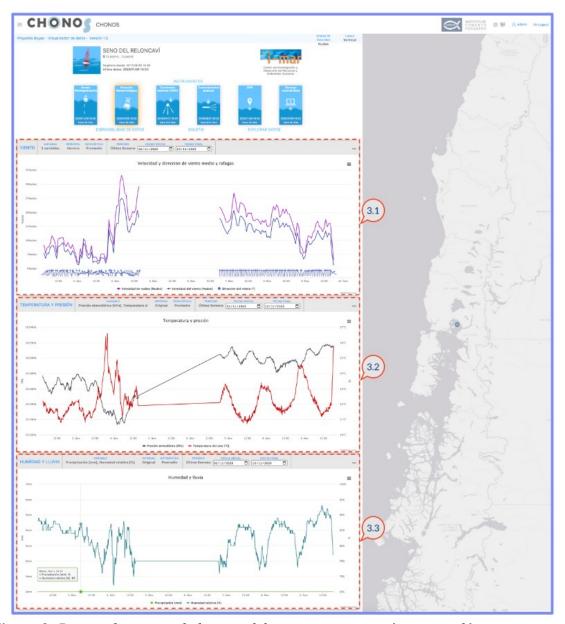


Figura 9: Pagina ilustrativa de la vista del instrumento estación meteorológica.

Al hacer clic sobre el instrumento "Estación Meteorológica" en el portal web se accede sobre una nueva pagina. Esta pagina permite consultar y graficar distintas variables atmosféricas (Fig. 9), la cual contiene los siguientes elementos:

- 1. **Visor de Viento:** Esta es una ventana gráfica interactiva de visualización para las observaciones de viento de la estación meteorológica (velocidad y dirección de viento, y velocidad de rachas). Sin perjuicio de lo anterior, el visor, mediante la herramienta VARIABLE permite visualizar todas las variables de la estación meteorológica (incluidas dirección de rachas, temperatura del aire, presión atmosférica, humedad relativa y precipitación). Este visor muestra de forma gráfica e intuitiva (mediante la utilización de flechas) la dirección del viento. La herramienta unidad de velocidad permite cambiar las unidades de las variables velocidad del viento y velocidad de rachas entre nudos, km/h y m/s.
- 2. **Visor de Temperatura y Presión:** Esta es una ventana gráfica interactiva de visualización para las variables de temperatura del aire y presión atmosférica. Sin perjuicio de lo anterior, el visor, mediante la herramienta VARIABLE permite visualizar todas las variables de la estación meteorológica.
- 3. **Visor de Humedad Humedad y Lluvia:** Esta es una ventana gráfica interactiva de visualización para las variables de humedad relativa y precipitación. Este visor se encuentra oculto por defecto en la página "Estación Meteorológica", pero puede ser desplegado haciendo uso de la herramienta MOSTRAR/OCULTAR. Sin perjuicio de lo anterior, el visor, mediante la herramienta VARIABLE permite visualizar todas las variables de la estación meteorológica.

Este visor cuenta con las mismas herramientas descritas anteriormente para la sonda multi-parámetro (Letras A a I).

Al hacer clic sobre el instrumento "Corrientes Marinas AWAC" en el portal web se accede sobre una nueva pagina. Esta pagina permite consultar y graficar información de un perfilador acústico de corrientes oceánicas (Fig. 10), la cual contiene los siguientes elementos:

1. Visor de perfil vertical de corrientes: Esta ventana gráfica interactiva para las observaciones de corrientes oceánicas en la columna de agua. Las variables que se muestran son velocidad y dirección. La vista por defecto del perfil de corrientes incluye los 60 niveles verticales disponibles (celdas de 2 m). Se visualiza la velocidad de corriente mediante una escala de colores, mientras que la dirección de corriente se visualiza mediante fechas. Para acceder a un rango de profundidades

específico basta con utilizar la herramienta Zoom arrastrando el cursor por la zona de interés. Además, este visor cuenta con las herramientas descritas anteriormente (Letras C a I). La herramienta unidad de velocidad permite cambiar las unidades de velocidad de corriente entre nudos, km/h y m/s.

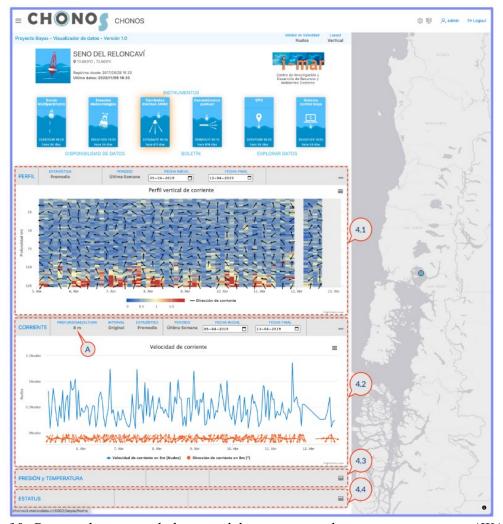


Figura 10: Pagina ilustrativa de la vista del instrumento de corrientes marinas AWAC.

- 2. Visor de Corriente: Esta ventana gráfica interactiva de visualización muestra la corriente oceánica en un nivel particular medido por el perfilador de corrientes AWAC. Este visor muestra de forma gráfica e intuitiva (mediante la utilización de flechas) la Dirección de corriente. Este visor incluye la herramienta PROFUNDIDAD/ALTURA que permite seleccionar el nivel de profundidad a visualizar en el gráfico (entre 8 m y 126 m).
- 3. **Visor de Presión y Temperatura:** Esta ventana gráfica interactiva de visualización muestra la presión y temperatura del agua medidas por el perfilador de corrientes

AWAC. Sin perjuicio de lo anterior, mediante la herramienta VARIABLE el visor permite visualizar todas las variables medidas por el perfilador. Este visor se encuentra oculto por defecto en la página "Corrientes marinas AWAC", pero puede ser desplegado haciendo uso de la herramienta MOSTRAR/OCULTAR.

4. Visor de Estatus: Esta ventana gráfica interactiva de visualización muestra las variables de Heading, Pitch y Roll para obtener información sobre la calidad del dato registrado. Este visor se encuentra oculto por defecto en la página "Corrientes marinas AWAC", pero puede ser desplegado haciendo uso de la herramienta MOSTRAR/OCULTAR.

Al hacer clic sobre el instrumento "Correntómetro puntual" en el portal web se accede sobre una nueva pagina. Esta pagina permite consultar y graficar información de un correntómetro puntual de corrientes oceánicas (Fig. 11), la cual contiene los siguientes elementos:

- Visor de Corriente: Esta ventana gráfica interactiva de visualización muestra observaciones puntuales de corriente medidas por el correntómetro AQUADOPP. Este visor muestra de forma gráfica e intuitiva (mediante la utilización de flechas) la dirección de corriente.
- 2. **Visor de Presión y Temperatura:** Esta ventana gráfica interactiva de visualización de las observaciones muestra la presión y temperatura del agua del correntómetro AQUADOPP. Sin perjuicio de lo anterior, mediante la herramienta VARIABLE el visor permite visualizar todas las variables medidas por el correntómetro. Este visor cuenta con las herramientas descritas anteriormente (Letras A a I). Este visor se encuentra OCULTO por defecto en la página "Correntómetro puntual", pero puede ser desplegado haciendo uso de la herramienta MOSTRAR/OCULTAR.
- 3. **Visor de Estatus:** Esta ventana gráfica interactiva de visualización muestra las variables de Heading, Pitch y Roll para obtener información sobre la calidad del dato registrado. Este visor se encuentra oculto por defecto en la página "Correntómetro puntual", pero puede ser desplegado haciendo uso de la herramienta MOSTRAR/OCULTAR.

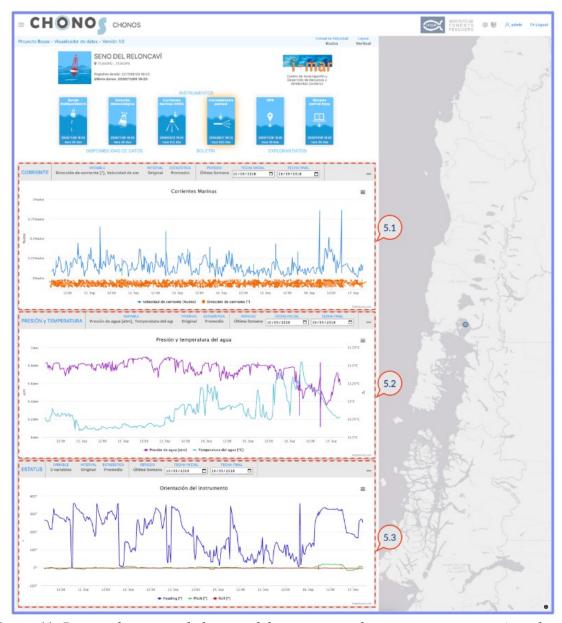


Figura 11: Pagina ilustrativa de la vista del instrumento de corrientes marinas Aquadopp.

Al hacer clic sobre el instrumento "GPS" en el portal web se accede sobre una nueva pagina. Esta pagina permite consultar y graficar información de GPS (Fig. 12), la cual contiene los siguientes elementos:

1. **Visor de variables GPS:** Esta ventana gráfica interactiva de visualización muestra la desviación de la ubicación GPS de la Boya. Sin perjuicio de lo anterior, mediante la herramienta VARIABLE el visor permite visualizar todas las variables medidas por el GPS (incluida latitud, longitud, DOP y Número de satélites). Este visor cuenta con todas las herramientas descritas anteriormente (Letras A a I).

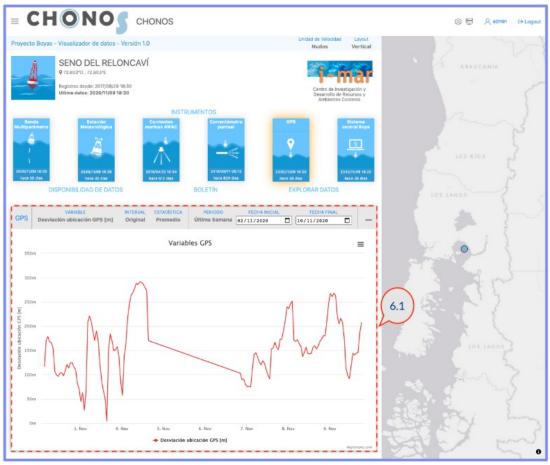


Figura 12: Pagina ilustrativa de la vista del instrumento GPS.

Finalmente al hacer clic sobre "Sistema central Boya" en el portal web se accede a una nueva pagina. Esta pagina permite consultar y graficar información de la boya (Fig. 13), la cual contiene los siguientes elementos:

1. **Visor de Sistema:** Esta ventana gráfica interactiva de visualización muestra el voltaje del sistema y el de los correntómetros AWAC y AQUADOPP. Sin perjuicio de lo anterior, mediante la herramienta VARIABLE el visor permite visualizar también la temperatura interna de estos mismos equipos. Este visor cuenta con todas las herramientas descritas anteriormente (Letras A a I).

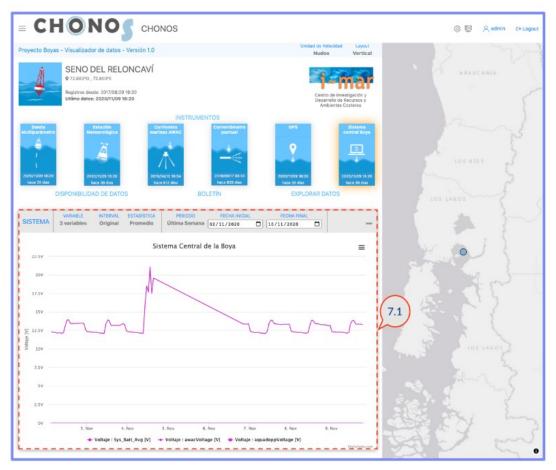


Figura 13: Pagina ilustrativa de la vista del sistema central de la boya.

6. DISCUSIÓN

La evaluación de la calidad del agua mediante mediciones en terreno es limitada debido a sus altos costos operacionales y el intensivo uso de tiempo y recursos humanos. Si bien estos esfuerzos de investigación y monitoreo se han ido intensificando en los últimos años, en términos de escalas temporales y espaciales son insuficientes para abordar y estudiar adecuadamente factores que influyen en el desarrollo de los acontecimientos como las floraciones de algas nocivas (FAN), zonas con aguas de bajo oxígeno, impactos de la industria acuícola (escapes de salmones, mortandad de salmones, dispersión de virus ISA o de caligus, etc), y la contaminación de bancos naturales. Además, la calidad de los datos puede verse comprometida debido a protocolos de control de calidad inadecuados y/o al uso de metodologías no estandarizadas (Teillet et al., 2002). Los programas de vigilancia más recientes han mostrado una tendencia hacia la obtención de datos de manera continua a través de observaciones *in situ*. Estos datos pueden ser accedidos a través de la descarga *in situ* o de forma remota. Este último tiene la ventaja de que permite detectar rápidamente cambios y tendencias de indicadores críticos, proporcionando alertas tempranas para los tomadores de decisiones (Glasgow et al., 2004).

El programa de investigación con más años en ejecución para la zona de fiordos y canales de Chile es el Crucero de Investigación Marina en Áreas Remotas (CIMAR). CIMAR (Silva & Palma, 2008) fue diseñado en 1994 por el Comité Oceanográfico Nacional (CONA). Entre 1995 y el 2018 se han realizado 24 cruceros oceanográficos CIMAR. Estas mediciones han permitido describir características físicas y químicas de las principales masas de agua y proponer esquemas de circulación desde la región de Los Lagos hasta la región de Magallanes.

En la actualidad existen escasos sistemas de observación permanentes en el tiempo entre la región de Los Lagos y la región de Magallanes, siendo la más destacada la boya oceanográfica en el Seno del Reloncaví del centro I-Mar de la Universidad de Los Lagos. También existe una boya ubicada en el sector del canal Puyuhuapi del centro COPAS-Sur-Austral de la Universidad de Concepción, la cual se encuentra en mantención actualmente. Se destaca la plataforma web de información del Centro de Datos Oceanográficos y Meteorológicos (CDOM), la cual incorpora diversas fuentes de datos *in situ* de todo el territorio nacional. En general, los parámetros tienden a converger en mediciones de temperatura, salinidad y oxígeno disuelto en la capa más cercana a la superficie. Información de corrientes es también muy escasa, debido a los mayores costos asociados a los instrumentos, específicamente a los ADCP. En relación a la trasmisión de datos, es ampliamente utilizado el uso de sistema de comunicación GSM acoplados o no a un sistema de radio entre la boya y la estación en tierra para su retransmisión, por lo tanto, los

puntos se encuentran ubicados cercano a zonas donde existe dicha cobertura. La calidad de los datos recolectados depende principalmente de la calidad de los sensores y las respectivas mantenciones que se deben realizar a los equipos, principalmente respecto a la acumulación de sedimentos.

Por su parte, la importancia de implementar sistemas de monitoreo para el desarrollo sustentable de la acuicultura se refleja en una de las últimas modificaciones a la Ley General de Pesca y Acuicultura. El Artículo 87 TER vigente con ultimas modificaciones el 10 Diciembre del 2020 establece: "A fin de tener un control en línea de los parámetros ambientales de las agrupaciones de concesiones acuícolas, deberán éstas disponer de una tecnología que registre y transmita al menos indicadores de conductividad, salinidad, temperatura, profundidad, corrientes, densidad, fluorescencia y turbidez, según lo establezca el reglamento".

Con el reglamento vigente podemos proyectar el desarrollo de un sistema de monitoreo a largo plazo con una gran cobertura geográfica a lo largo de la costa del sur de Chile. Se espera que las primeras boyas oceanográficas de las ACS comiencen a transmitir información durante el año 2021. En la medida que dispongamos de series de tiempo lo suficientemente extensas, podremos conocer tendencias, elaborar modelos, establecer escenarios y eventualmente predecir situaciones indeseadas. Además, conocer relaciones causa—efecto nos permitirá disminuir la incertidumbre tanto en decisiones privadas (productivas, económicas) como públicas (sustentabilidad, condiciones ambientales, bien común). Finalmente, otro aspecto a destacar es que a medida que se conforme una red de observación y monitoreo más extensa y estable en el tiempo más robustos y útiles serán los modelos de pronósticos operacionales y los modelos de cambio climático.

7. CONCLUSIONES

El presente informe entrega los resultados de la primera etapa del programa de centro de datos oceanográficos y ambientales en la zona sur-austral de Chile. A continuación se presentan las principales conclusiones del desarrollo del sistema de monitoreo:

En el ámbito logístico, IFOP gestionó la adquisición de un servidor con dedicación exclusiva que se encargará de almacenar la información generada en cada estación de monitoreo, procesar los algoritmos de desarrollo que permiten la visualización web de los resultados, proporcionar alertas y notificar ante posibles fallos en el sistema. El servidor se encuentra operativo y funcioanando en un *Data Center* en la ciudad de Santiago. Este *Data Center* cuenta con altos estándares de seguridad establecidos en las normas internacionales ANSI / TIA / EIA-942 con lo que se asegura tanto la continuidad operacional de sus servicios, así como los requerimientos de un sistema de monitoreo de alto nivel. Además, un segundo servidor ubicado en la sede IFOP-Putemún funciona como sistema de almacenamiento complementario, brindando mayor seguridad y redundancia a la información recibida.

El sistema de recepción y almacenamiento de la información generada por las boyas de las ACS comprende la integración de múltiples tecnologías web y computacionales de código abierto, lo que permite el libre desarrollo y manipulación de su código fuente. A su vez, se diseñó un sistema de control de calidad de los datos, el cual permite discriminar el estado de operación de las estaciones de monitoreo, enviar notificación y alertas a los usuarios, basándose en parámetros ambientales y técnicos definidos mediante estudios de sensibilidad y bibliografía científica.

Dada la contingencia sanitaria producto del Covid-19, IFOP diseñó un plan de contingencia para lograr cumplir los objetivos adquiridos en este proyecto. Para eso se contempló el uso de la información generada por una boya oceanográfica ubicada en el Seno del Reloncaví, administrada por el centro de investigación I-Mar de la Universidad de Los Lagos para el desarrollo de la primera etapa de este sistema de monitoreo. Esta boya está compuesta por una sonda multi-parámetro, una estación meteorológica, un perfilador de corrientes, y un correntometro puntual. La aplicación web para la visualización de la generada por esta boya está disponible en información http://chonos3.meteodata.cl/boyas/home. Dentro de sus principales funciones el visor permite observar los registros históricos, seleccionar un periodo de interés o ver el estado actual de las condiciones ambientales. A su vez, se implementó un sistema de alerta que notifica al usuario sobre el potencial desarrollo de un evento extremo, mediante la definición de umbrales sobre las condiciones monitoreadas. Específicamente se muestran alertas cuando alguna variable registra:

- Velocidad de viento sobre 50 km/h.
- Velocidad de corriente sobre los 2 nudos.
- Presencia de aguas de bajo oxígeno.

Es importante destacar que IFOP instalará un equipo multi-parámetro en las cercanías de IFOP-Putemún con el fin de probar el sistema y monitorear la reserva natural del humedal de Putemún. La información generada por este equipo será integrada a la red de monitoreo y se espera que esté disponible a partir del primer trimestre de 2021. Finalmente, se espera que durante el 2021 comiencen a operar las primeras boyas oceanográficas desplegadas por las ACS.

ANEXO A: SENSOR MULTI-PARÁMETRO

El multiparametro Wimo de NKE permite la transmisión de datos via GPRS o MODBUS. La sonda WiMo es un producto modular que permite la expansión de sensores solamente conectando los que se adquieran, logrando medir hasta 20 parámetros de agua (directa o indirectamente), ya que puede conectar hasta siete sensores a la vez (Fig. 14). La sonda WiMo se beneficia de su conjunto de sensores digitales inteligentes que incluye el limpiaparabrisas para mantener un correcto funcionamiento de los sensores. A su vez, permite conectar, desconectar y calibrar los sensores, incluso con la sonda en funcionamiento. La sonda es multifuncional y operativa, ya que es adecuada para cualquier tipo de soporte, entre ellos una boya, escalera, estaca o pontón. El equipo puede ser sumergido hasta los 250 m. Las principales características son las siguientes:

- Los sensores inteligentes digitales se conectan y desconectan a voluntad.
- Sistema de limpieza de eficacia probada.
- Pilas alcalinas autónomas de larga duración.
- Conectividad wifi compatible con todas las plataformas.
- Fácil de integrar en boya / USV / ROV, AUV.
- Hasta 20 parámetros de agua medidos por una sonda.
- Ligera y robusta.
- Interfaz fácil de usar interfaz fácil de usar integrada en la web.
- Precisión de datos estándares de alta calidad.
- Solución 3G / 4G y otra comunicación remota.



Figura 14: Sensor multi-parámetro WiMO de NKE.

Los rangos de medición, precisión y resolución de cada sensor es resumido en la Tabla 3:

Tabla 3: Resumen de los rangos de medición, precisión y resolución de los sensores del multi-parámetro WiMO.

	Rango	Precisión	Resolución
Profundidad	0-25 db	0.15%	0.001 bar
Temperatura	-2 a +35°C	±0.05°C	0.001°C
Conductividad	0 a100 mS/cm	$\pm 0.5\%$ de leer	0.0001 ms/cm
Salinidad	0.1 PSU	< 0,1 PSU	< 0,001
Oxigeno Disuelto	0 a 20 mg/l	±1% de leer	0.025 at 20% O2
	0 a 250%	en 20% O2	
Turbidez	0 a 4000 FNU	0.4 FNU o $\pm 5\%$ de leer 0.01 FNU	
Fluorescencia	0 ta $500~\mu g/L$	Lineal: 0.99 r2	$0.3 \mu g/L$
pН	0-14 pH units	±0.1 pH unidades	0.01 pH unidades

El equipo adquirido por IFOP para este proyecto es un multi-parámetro WiMO + plus NKE con sensor de presión incluido. Cuenta con sensor de oxígeno, conductividad y temperatura, y clorofila. A su vez incluye una antena GPR Y GPS, para transmisión de datos con cable de 1 m. Posee un sistema antifouling (Wiper) que permite mantener limpios los sensores para los despliegues a largo plazo. Finalmente, otra característica relevante es que estos sensores podrán calibrarse en un laboratorio en Chile.

ANEXO B: RECURSOS COMPUTACIONALES

El sistema de recepción y almacenamiento de las ACS se basa principalmente en un servidor, instalado y configurado en un *Data Center* en la ciudad de Santiago con los estándares establecidos en las normas internacionales ANSI / TIA / EIA-942. Este equipo está configurado como un sistema RAID 5 para proteger la información recibida y a su vez para mantener estable el servidor web donde se visualizan los principales resultados. Las especificaciones técnicas de este equipo son resumidos en la Tabla 4:

Tabla 4: Especificaciones técnicas servidor web para sistema de monitoreo de las ACS, ubicado en Data Center en Santiago.

SO: CentOS Linux release 7.8.2003

CPU: 64 cores 2.5 Ghz (4 procesadores AMD Opteron(tm) Processor 6380).

RAM: 64GB

DISCO: 5,4TB (HDD) Interfaz de red: 4 x 1Gbit

Fuente de poder: Redundante (2)

Además de este servidor, se cuenta con un servidor de almacenamiento de gran capacidad (*storage*) en IFOP-Putemún, ciudad de Castro. Este servidor se encuentra configurado como sistema RAID 1, lo que permite mantener toda la información doblemente respaldada. De esta manera los datos enviados son almacenados en 2 servidores diferentes, ubicados en 2 ciudades distintas, con lo cual la información estará doblemente protegida. Las características principales de este servidor de almacenamiento se encuentran resumidas en la Tabla 5:

Table 5: Especificaciones técnicas servidor de almacenamiento de respaldo de información de las ACS ubicado en IFOP-Putemún, Castro.

SuperStorage Supermicro Server 6029P-E1CR16T - 64GB ECC/REG - 48 TB SAS 1

1 x SuperStorage Supermicro Server 6029P-E1CR16T

2 x Procesador Intel Xeon Bronze 3106 1.70GHZ 11MB CACHE

4 x Memoria Ram Samsung DDR4-2666 16GB/2Gx4 ECC/REG CL19

1 x Supermicro BTR-TFM8G-LSICVM02 SuperCap Module for 3108 Controller

1 x Supermicro PCI LSI BKT-BBU-BRACKET-05 Remote Mounting Board

2 x Samsung SSD PM863A Series 480GB 2.5 inch SATA3

2 x Supermicro MCP-220-84606-0N Rear Side Dual 2.5

10 x Seagate 8TB Enterprise Capacity 7200 rpm SAS III 3.5"

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Buschmann, A. H., Cabello, F., Young, K., Carvajal, J., Varela, D. A., & Henríquez, L. (2009). Salmon aquaculture and coastal ecosystem health in Chile: analysis of regulations, environmental impacts and bioremediation systems. *Ocean & Coastal Management*, *52*(5), 243-249.

Collins, M., An, S. I., Cai, W., Ganachaud, A., Guilyardi, E., Jin, F. F., ... & Vecchi, G. (2010). The impact of global warming on the tropical Pacific Ocean and El Niño. *Nature Geoscience*, *3*(6), 391-397.

Glasgow, H. B., Burkholder, J. M., Reed, R. E., Lewitus, A. J., & Kleinman, J. E. (2004). Real-time remote monitoring of water quality: a review of current applications, and advancements in sensor, telemetry, and computing technologies. Journal of experimental marine biology and ecology, 300(1-2), 409-448.

Hoegh-Guldberg, O., & Bruno, J. F. (2010). The impact of climate change on the world's marine ecosystems. *Science*, 328(5985), 1523-1528.

Hormazábal, S. 2018. Evaluación y análisis de los requerimientos necesarios para la implementación de una red de monitoreo para las agrupaciones de concesiones de acuicultura. Fondo de Investigación Pesquera y Acuícola, Subsecretaria de Pesca,Informe final FIPA 2016-68, 530.

Malone, T., Davidson, M., DiGiacomo, P., Gonçalves, E., Knap, T., Muelbert, J., ... & Yap, H. (2010). Climate change, sustainable development and coastal ocean information needs. *Procedia Environmental Sciences*, *1*, 324-341.

Quinones, R. A., Fuentes, M., Montes, R. M., Soto, D., & León-Muñoz, J. (2019). Environmental issues in Chilean salmon farming: a review. *Reviews in Aquaculture*, 11(2), 375-402.

Sandoval, M., Parada, C., & Torres, R. (2018). Proposal of an integrated system for forecasting Harmful Algal Blooms (HAB) in Chile. *Latin american journal of aquatic research*, 46(2), 424-451.

Sarmiento, J. L., Slater, R., Barber, R., Bopp, L., Doney, S. C., Hirst, A. C., ... & Soldatov, V. (2004). Response of ocean ecosystems to climate warming. *Global Biogeochemical Cycles*, 18(3).

Silva, N., & Palma, S. (2008). Avances en el conocimiento oceanográfico de las aguas interiores chilenas, Puerto Montt a cabo de Hornos. Comité Oceanográfico Nacional - Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Valparaíso, pp. 11-15, 2006

Teillet, P. M., Gauthier, R. P., Chichagov, A., & Fedosejevs, G. (2002). Towards integrated Earth sensing: Advanced technologies for in situ sensing in the context of Earth observation. Canadian Journal of Remote Sensing, 28(6), 713-718.



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO

Sección Ediciones y Producción

Almte. Manuel Blanco Encalada 839 Fono 56-32-2151500 Valparaíso, Chile www.ifop.cl

