



Diseño e implementación de programa de monitoreo para la aplicación del “Protocolo de manejo de la barra del humedal Cáhuil”

Informe Final

Diciembre 2022



Contenido

1.	INTRODUCCIÓN.....	4
2.	OBJETIVOS.....	4
3.	ALCANCES	4
4.	ANTECEDENTES	5
4.1	Conceptos Generales.....	5
4.2	Revisión Bibliográfica	6
4.3	Protocolo de manejo de la barra del humedal Cáhuil.....	8
5.	DESARROLLO ACTIVIDADES ASOCIADAS A OE N° 1	10
5.1	Definición de parámetros a monitorear e Identificación de sitios de instalación de instrumental y medición	10
5.2	Determinación de tipo de instrumental a instalar (en línea/discreto) y equipamiento anexo necesario para instalación y funcionamiento del instrumental.....	11
5.2.1	Instrumentos de medición.....	11
5.2.2	Equipamiento Anexo.....	12
5.3	Calendarización de instalación y funcionamiento de cada equipo	13
6.	DESARROLLO ACTIVIDADES ASOCIADAS A OE N°2	13
6.1	Elaboración de propuesta de instrumentalización y presupuesto en base a requerimientos técnicos de monitoreo y presupuesto disponible, y apoyo en el proceso de compra de instrumentos de medición y servicios de plataforma web.....	13
7.	DESARROLLO ACTIVIDADES ASOCIADAS A OE N°3	15
7.1	Instalación de regletas en sectores Barrancas y Puente Cáhuil.....	15
7.2	Configuración, instalación y puesta en marcha de monitoreo en línea de niveles en sector Puente Cáhuil.....	16
7.3	Evaluación de funcionamiento del instrumental y calibraciones necesarias	20
7.1	Elaboración de un programa de mantención del instrumental y equipamiento.....	23
7.2	Elaboración de presupuesto anual de operación de los equipos	23
8.	DESARROLLO ACTIVIDADES ASOCIADAS A OE N°4	24
8.1	Configuración, instalación y puesta en marcha de monitoreo de parámetros	24
8.2	Evaluación de funcionamiento del instrumental y calibraciones necesarias	27
8.1	Elaboración de un programa de mantención del instrumental y equipamiento.....	34

8.2	Elaboración de presupuesto anual de operación de los equipos	34
9.	REFERENCIAS	35
10.	ANEXOS	35

1. INTRODUCCIÓN

En el presente documento se desarrolla el total de actividades del “Diseño e implementación de programa de monitoreo para la aplicación del Protocolo de manejo de la barra del humedal Cáhuil”, asociadas a los Objetivos Específicos OE N°1, OE N°2, OE N°3 y OE N°4.

2. OBJETIVOS

El objetivo principal del trabajo es apoyar el diseño e implementación de un monitoreo de variables de estado determinantes para la aplicación del Protocolo de Manejo de la Barra del humedal Cáhuil y parámetros ambientales relevantes para la mantención de SSEE del humedal Cáhuil.

Los objetivos específicos a cumplir en esta consultoría son:

- OE1) Diseño, en conjunto con la contraparte técnica, de un programa de monitoreo e instrumentalización que permita la aplicación del Protocolo de Manejo de la Barra del humedal Cáhuil y el monitoreo de parámetros ambientales relevantes para la mantención de SSEE del humedal Cáhuil.
- OE2) Asesoría en la compra de instrumental para la implementación del programa de monitoreo consensuado.
- OE3) Implementación y puesta en marcha de monitoreo de nivel de agua para la aplicación del Protocolo de manejo de la barra.
- OE4) Implementación y puesta en marcha de monitoreo de oxígeno disuelto, salinidad y temperatura para la aplicación del Protocolo de manejo de la barra y monitoreo de parámetros ambientales relevantes para la mantención de SSEE del humedal Cáhuil

3. ALCANCES

Para la definición del alcance, del diseño e implementación de un monitoreo de variables de estado determinantes para la aplicación del Protocolo de Manejo de la Barra del humedal Cáhuil y parámetros ambientales relevantes para la mantención de SSEE del humedal Cáhuil, se presenta el listado de actividades a desarrollar, según el cada Objetivo Específico.

Para el cumplimiento del OE N° 1 se considera realizar las siguientes actividades:

- Definición de parámetros a monitorear
- Identificación de sitios de instalación de instrumental y medición
- Determinación de tipo de instrumental a instalar (en línea/discreto)

- Determinación del equipamiento anexo necesario para instalación y funcionamiento del instrumental
- Calendarización de instalación y funcionamiento de cada equipo

Para el cumplimiento del OE N° 2 se considera realizar las siguientes actividades:

- Elaboración de propuesta de instrumentalización y presupuesto en base a requerimientos técnicos de monitoreo y presupuesto disponible
- Apoyo en el proceso de compra de instrumentos de medición y servicios de plataforma web: contacto con proveedores, cotizaciones, asesoría en el proceso de compra e importación (de ser el caso)

Para el cumplimiento del OE N° 3 se considera realizar las siguientes actividades:

- Instalación de regletas en sectores Barrancas y Puente Cáhuil
- Configuración, instalación y puesta en marcha de monitoreo en línea de niveles en sector Puente Cáhuil
- Evaluación de funcionamiento del instrumental y calibraciones necesarias
- Elaboración de un programa de mantención del instrumental y equipamiento
- Elaboración de presupuesto anual de operación de los equipos

Para el cumplimiento del OE N° 4 se considera realizar las siguientes actividades:

- Configuración, instalación y puesta en marcha de monitoreo de parámetros
- Evaluación de funcionamiento del instrumental y calibraciones necesarias
- Elaboración de un programa de mantención del instrumental y equipamiento
- Elaboración de presupuesto anual de operación de los equipos

4. ANTECEDENTES

4.1 Conceptos Generales

Para el monitoreo de Humedales, hay diversas aproximaciones para abordar el registro de información. Entre ellas, existen recomendaciones basadas en criterios mínimos para la sustentabilidad de humedales urbanos (MMA, 2020) que pueden ser adoptadas como referencia en el enfoque de seguimiento de variables ambientales del sistema.

En los criterios del MMA (2020), se señala que una vez se ha determinado la condición base del humedal mediante el análisis de información disponible, se sugiere diseñar un programa de monitoreo que permita establecer tanto la condición actual del carácter ecológico del humedal, como poder estudiar su evolución a través del tiempo. Dado que el monitoreo de las variables abióticas suele tener asociadas una serie de complejidades técnicas (¿cómo medir?), económicas (¿cómo financiar el monitoreo?), de recursos humanos (¿quién realiza el monitoreo)

y quién analiza la información?), entre otras, se sugiere considerar distintos tipos de observaciones y/o mediciones, en función de los recursos (técnicos, humanos, económicos), disponibles (**Figura 1**).

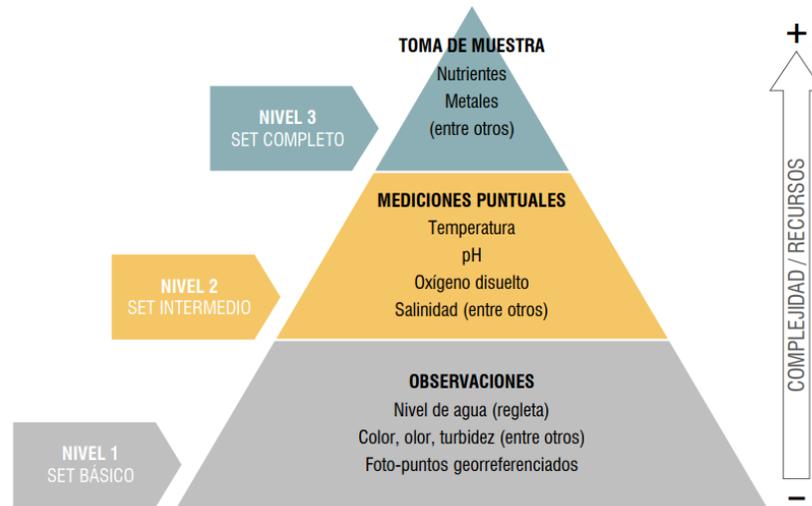


Figura 1 Aproximación piramidal para el monitoreo de calidad del agua y sedimentos (MMA, 2020)

4.2 Revisión Bibliográfica

Para el desarrollo de las actividades se ha tenido en consideración diversas experiencias de monitoreo continuo llevadas a cabo en el país, tales como los monitoreos realizados con sensores en sistemas acuáticos continentales por la Dirección General de Aguas (DGA, 2014), Mesa Ambiental Rapel (2015) y Ministerio de Medio Ambiente (MMA, 2016). En esos estudios se realizaron mediciones de múltiples parámetros y uso de dispositivos de telemetría. También se conocen experiencias de monitoreos específicos en el Humedal de Cáhuil, desarrollados por el Ministerio de Medio Ambiente (MMA, 2015) y la Dirección de Obras Portuarias (MOP-DOP, 2018). La revisión de estas experiencias, ha permitido contar con antecedentes para la selección, diseño de monitoreo y configuración de dispositivos.

Por ejemplo, en el estudio desarrollado por la Dirección General de Aguas (DGA, 2014) se implementó una herramienta de observación temporal continua que consistió en una boya piloto instalada en el embalse Rapel. Esta boya contaba con diferentes sensores que fueron incorporados para estudiar variables ambientales, hidrodinámicas y de calidad de agua, con una alta resolución temporal. La boya contó con un registrador (*datalogger*) y un modem de celular, que transmite los datos en tiempo real a un servidor remoto. Los datos registrados permitieron relacionar simultáneamente el funcionamiento y dinámica de las variables ambientales, la hidrodinámica y el comportamiento del fitoplancton. La información generada y transmitida en

tiempo real, ofreció la oportunidad a investigadores, tomadores de decisión y público general, de llevar a cabo acciones de gestión de alerta temprana. Dicha experiencia de monitoreo, sirvió de base metodológica para que posteriormente se desarrollara un Sistema de Monitoreo Continuo Embalse Rapel, llevado a cabo por la Mesa Ambiental Rapel (2015), donde se implementaron 3 boyas telemétricas en el embalse Rapel.

En esa misma línea, el Ministerio de Medio Ambiente (MMA, 2016), con el propósito de generar una Red de Monitoreo de la Condición Ambiental de Ecosistemas Acuáticos, implementó boyas similares con sensores automáticos en algunos lagos de la zona centro sur (Lago Vichuquén y Lago Budi). En dicho estudio se indica que la telemetría ayudó a reducir drásticamente los costos de logística asociados a la visita de sitios de medición en el campo. Además, se obtuvo un rápido acceso a la información, que de otro modo no hubiese sido posible. Entre los dispositivos que fueron utilizados, se encuentran diversos sensores de parámetros ambientales como viento, radiación solar, temperatura y fluorescencia de clorofila, lo cuales son recolectados en la unidad de *datalogger*, y luego transmitidos vía celular, para ser visualizados en un sitio web.

En relación a monitoreos realizados en el humedal de Cáhuil, se pueden encontrar experiencias relacionadas a la medición de niveles y salinidad. En el estudio desarrollado por Ministerio de Medio Ambiente (MMA, 2015) se instalaron sensores de nivel (presión de la columna de agua) y salinidad que permitieron estudiar en forma detallada el ingreso de marea en distintos sitios del estuario, con un escenario de barra abierta (**Figura 2**). Posteriormente, la Dirección de Obras Portuarias (MOP-DOP, 2018) tomó registros automáticos de los niveles en ciclos de cierre y apertura de barra, información que ha sido clave para estudiar la dinámica del estuario en casos de aperturas artificiales (**Figura 3**). En ambos estudios señalados, la información medida por los sensores fue registrada en *dataloggers* sin transmisión telemétrica, y descargada *a posteriori*.

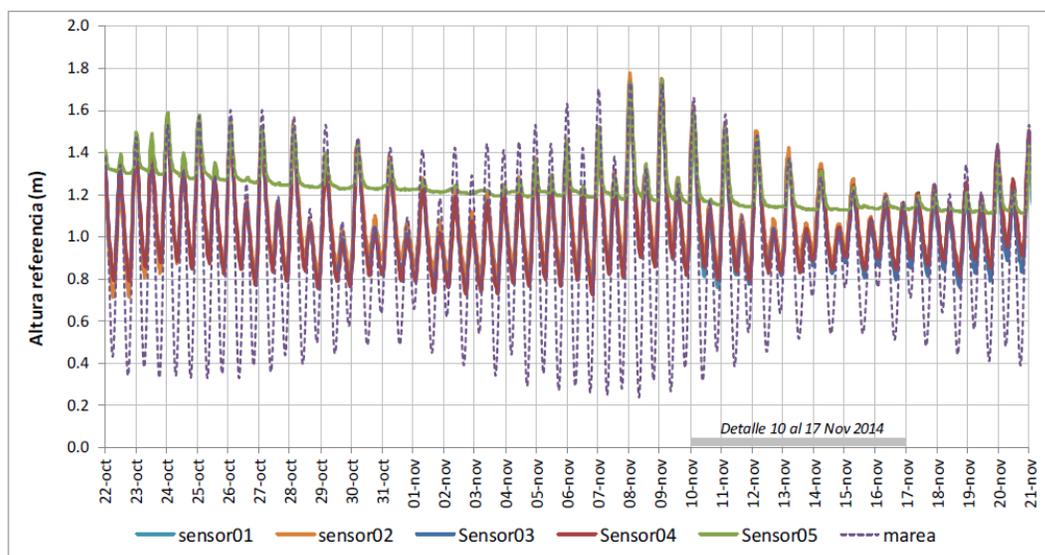


Figura 2 Nivel de agua medida con sensores en humedal Cáhuil entre 22 octubre 2014 y 21 noviembre 2014. Altura referencial asociada a la marea del puerto patrón de San Antonio. (MMA, 2015)

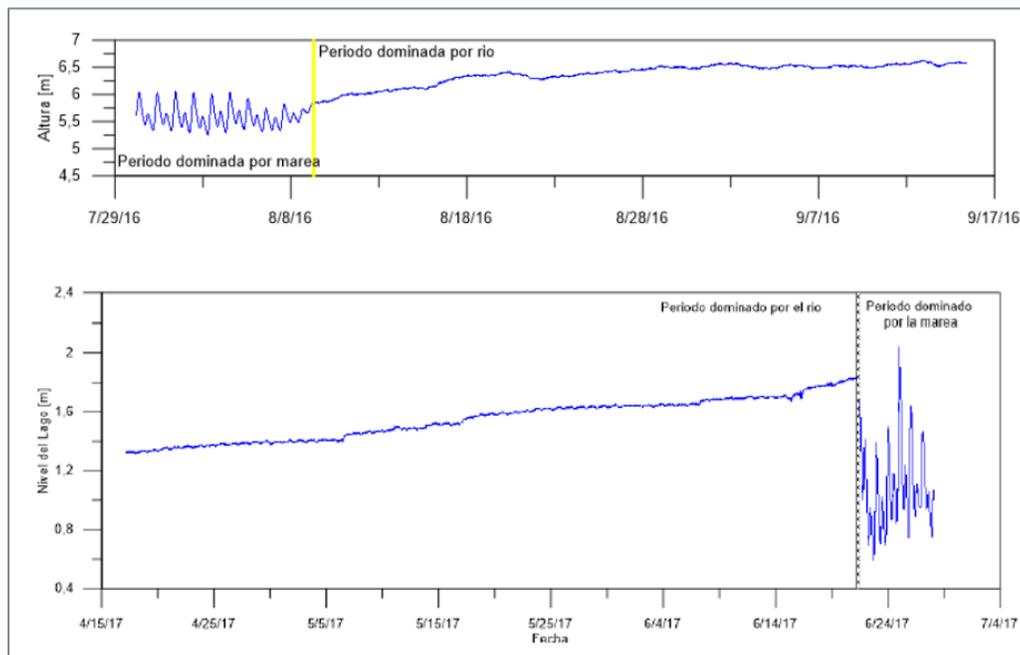


Figura 3 Series de Tiempo de niveles continuos en proceso de cierre y apertura de barra (MOP-DOP, 2018)

4.3 Protocolo de manejo de la barra del humedal Cáhuil

El objetivo del protocolo es sistematizar un procedimiento que permita la regulación del manejo de la barra de acuerdo a su estacionalidad, y que ésta se haga de modo informado y coordinado, mediante la evaluación de variables de estado y umbrales que determinan la activación de la apertura (GEF Humedales Costeros, 2021).

Para el monitoreo de las variables de estado y umbrales que pueden activar el Comité de Emergencia, se recomienda la implementación de sensores automáticos que puedan registrar las variables en forma continua (Por ejemplo, Nivel de la laguna, Salinidad, Oxígeno disuelto), e idealmente cuenten con tecnología telemétrica para que la información sea transmitida y publicada en un sitio digital de libre acceso. En la **Figura 4** se muestra el resumen de variables de estado y la ubicación aproximada de los sitios de monitoreo en el Humedal de Cáhuil.

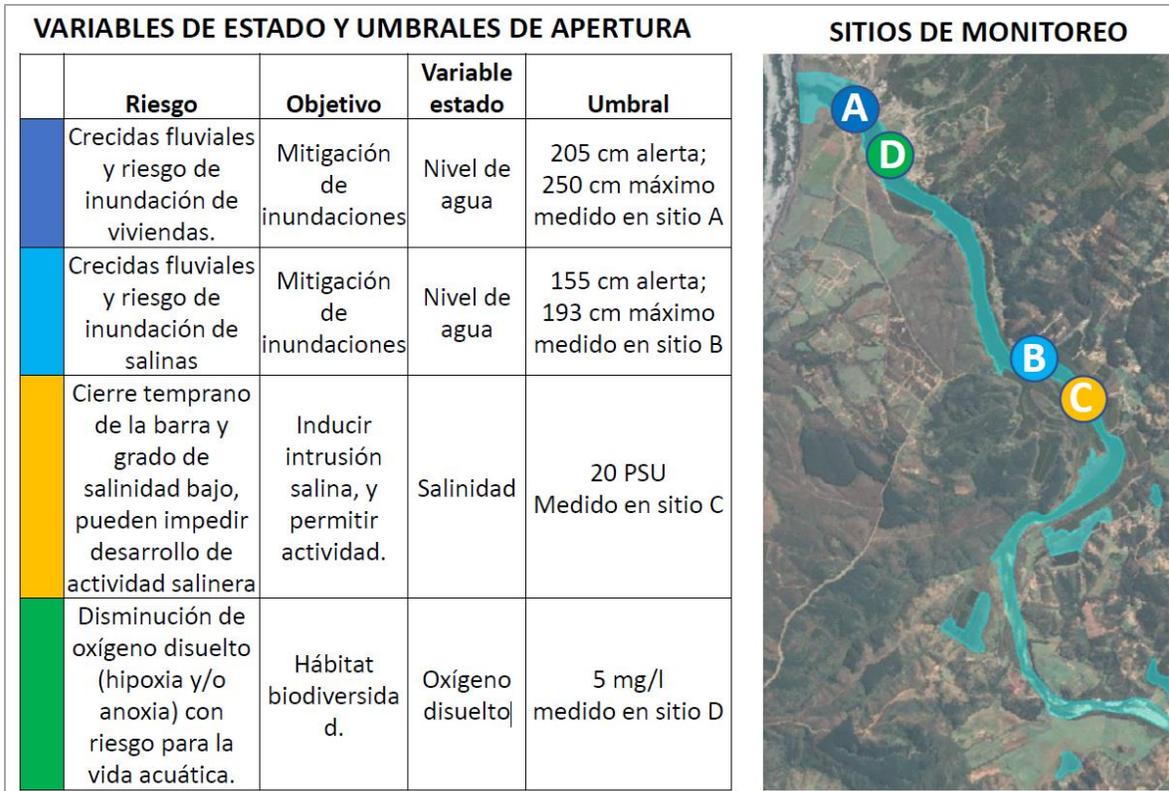


Figura 4 Ficha Resumen de variables de estado, umbrales, y sitios de monitoreo del Protocolo de Manejo de la Barra (GEF Humedales Costeros, 2021)

5. DESARROLLO ACTIVIDADES ASOCIADAS A OE N° 1

En este acápite se describen los resultados de las actividades asociadas al OE N°1, correspondiente al diseño de un programa de monitoreo e instrumentalización.

5.1 Definición de parámetros a monitorear e Identificación de sitios de instalación de instrumental y medición

Para la definición de los parámetros a medir, se han considerado dos propósitos. Por un lado, se incluyen los parámetros asociados al Protocolo de Manejo de la Barra del humedal Cáhuil, los cuales permitirán hacer seguimiento de sus valores y umbrales (nivel de agua, salinidad y oxígeno disuelto). Por otro lado, se consideran parámetros de monitoreo de parámetros ambientales relevantes para la mantención de SSEE del humedal Cáhuil, que pueden estar asociados, por ejemplo, a su estructura térmica y/o estado trófico.

Respecto a esto último se incorporan termistores para la medición de temperatura del agua, que es un parámetro relevante para evaluar la estructura térmica y condición de hábitat acuático (por ejemplo, habitabilidad de peces y cultivos de ostras).

Otro parámetro relevante que ha sido incluido en el diseño, es la "clorofila α ", la cual permite estimar la dinámica de producción primaria y condición trófica del humedal. Cabe señalar que este parámetro ha sido considerado como una medición posible de incorporar, ya que tiene factibilidad técnica de ser conectado a los registradores, sin embargo, no está considerado en el presupuesto de esta etapa.

En relación a los sitios de monitoreo, se considera la ubicación indicada en el protocolo de manejo de la barra. Para las mediciones discretas de nivel, a realizar mediante la lectura directa de regletas, se proponen lugares de acceso público como el sector del Puente Cáhuil y Barrancas. Para el uso de mediciones continuas con sensores automáticos, se recomienda agrupar los parámetros en dos sitios: 1) Barrancas / La Villa, y 2) Laguna aguas arriba del puente (Sitio de cultivos ostras) sobre una plataforma flotante, según se detalla en la **Tabla 1**.

Tabla 1 Parámetros a monitorear y ubicación

Plan de Monitoreo	Parámetro / Variable de Estado	Ubicación
Protocolo de Manejo de la Barra del humedal Cáhuil	Nivel de la laguna (observación discreta, c/regleta)	Barrancas y Puente Cáhuil
	Nivel de la laguna (observación continua, c/sensor)	Barrancas / La Villa
	Salinidad	Barrancas / La Villa
	Oxígeno disuelto	Laguna aguas arriba del puente (Sitio de cultivos ostras)
Parámetros ambientales relevantes para la mantención de SSEE del humedal Cáhuil.	Temperatura	Laguna aguas arriba del puente (Sitio de cultivos ostras)
	Clorofila a (*Parámetro posible de incorporar en etapa posterior)	Laguna aguas arriba del puente (Sitio de cultivos ostras)

5.2 Determinación de tipo de instrumental a instalar (en línea/discreto) y equipamiento anexo necesario para instalación y funcionamiento del instrumental

5.2.1 *Instrumentos de medición*

En base a experiencias de monitoreos revisadas, se considera que la fluidez en el flujo de información ambiental es una característica clave para apoyar la gestión de un ecosistema y la toma de decisiones oportuna. Para ello, se considera importante que la implementación del sistema pueda basarse en sensores automáticos, que puedan conectarse a un sistema de registro telemétrico, y ofrecer la posibilidad de contar con datos en línea. También se consideró importante que los datos puedan ser visualizados en una plataforma web, accesible tanto desde computadores como dispositivos móviles (Ej: smartphones).

Mediante un análisis de factibilidad técnica-económica de las posibles soluciones, se compararon diferentes combinaciones de sensores y estaciones de registro. Posteriormente, se evaluó el compromiso entre las capacidades técnicas de cumplir con las mediciones, y el costo de los equipos. En la **Tabla 2** se muestran los diferentes instrumentos considerados en la evaluación, mientras que en el **ANEXO N°1** se encuentran las cotizaciones de los proveedores. En base a lo anterior, los equipos seleccionados para ser implementados se basaron en el *datalogger* HOBO Estación RX 3003/4 y sensores de nivel y calidad de agua marca RIKA Sensors.

Tabla 2 Instrumentos evaluados para la factibilidad técnica-económica

Instrumentos	Parámetros de Medición					Datos		
	Nivel de agua	Temperatura	Salinidad	Oxígeno Disuelto	Clorofila a	Registrador	Telemetría	Plataforma Web
HOBO U20L-01 Water Level	x					x		
HOBO MX Water Level Sensor	x							
HOBO U24-002-C		x	x			x		
HOBO U26-001		x		x		x		
SOLINST 3001 LT 5 Levellogger Junior	x	x				x		
SOLINST LTC Levellogger	x	x	x			x		
IN-SITU Aquatroll 200	x	x	x			x		
HANNA HI9147 (portátil)				x				
RIKA RKL-01 Level	x							
RIKA RK 500-11 Temperature Sensor		x						
RIKA RK 500-13 EC/Salinity			x					
RIKA RK 500-04 Dissolved Oxygen Sensor				x				
RIKA RK 500-17 Chlorophyll					x			
HOBO Estación MicroRx 2104						x	x	x
SOLINST LevelSender 5						x	x	
HOBO Estación RX 3003/4						x	x	x
THOT SYSTEMS METH-GPRS19						x	x	x

Obs: En negrilla los equipos seleccionados para implementar

5.2.2 Equipamiento Anexo

En relación al equipamiento anexo, se prevé el requerimiento de dos tipos de elementos: 1) Apoyo de instrumentación para las administraciones de los componentes electrónicos, y 2) Infraestructura de soporte, para la fijación y anclaje de los equipos. En la **Tabla 3** se muestra una descripción de los elementos de apoyo.

Tabla 3 Descripción de equipamiento anexo

Tipo	Anexos Instrumentos	Descripción
Apoyo instrumentación	Softwares y cables de conexión	Elementos que permiten conectar y programar los equipos
	Soluciones y estándar de calibración	Elementos que permiten verificar y/o calibrar los registros
Infraestructura para soporte	Pilotes	Elementos requeridos para sujeción de regletas limnimétricas
	Plataforma flotante/ Boya (docks, estructura protección equipos, sistema anclaje)	Elementos requeridos para instalación de equipos en la laguna, aguas arriba del puente (Sitio de cultivos ostras)

5.3 Calendarización de instalación y funcionamiento de cada equipo

El calendario de instalación, quedó sujeto a las fechas de adquisición de los equipos. De acuerdo a los proveedores, se considera entre 2,5 a 3 meses de proceso de importación de instrumentos. En particular, los equipos fueron comprados en septiembre 2022, dando inicio al proceso de importación de instrumentos. Su llegada fue en Noviembre 2022, y su instalación fue realizada en diciembre 2022.

6. DESARROLLO ACTIVIDADES ASOCIADAS A OE N°2

En este acápite se describen los resultados de las actividades asociadas al OE N°2, correspondiente a la asesoría en la compra de instrumental para la implementación del programa de monitoreo consensuado.

6.1 Elaboración de propuesta de instrumentalización y presupuesto en base a requerimientos técnicos de monitoreo y presupuesto disponible, y apoyo en el proceso de compra de instrumentos de medición y servicios de plataforma web

En base a la evaluación técnico-económica de las diferentes combinaciones de sensores y estaciones, se elaboró la presente propuesta de instrumentalización, detallando un presupuesto estimado que permitiría cumplir con los objetivos del plan de monitoreo (**Tabla 4**). A partir de este presupuesto, se realizó la coordinación de las compras de equipos seleccionados.

Tabla 4 Presupuesto estimado para sistema de Monitoreo en Humedal de Cahuil

Nº	Item	Proveedor	Costo Equipo* (\$ pesos)	Costo Operacional anual* (\$ pesos)	Observación
1	Regla Limnimétrica esmaltada, Total 4 unidades de 1m c/u	Aquaflow	500,000		
2	Datalogger Telemétrico HOBO RX3004 /Sensores RIKA Salinidad-Nivel / Web Hobolink (freq 10 min)	ThotSystems	3,200,000	200,000	Costo Operacional: Servidor y plan de datos
3	Datalogger Telemétrico HOBO RX3004 /Sensores RIKA Oxígeno Disuelto-termistores/ Web Hobolink (freq 10 min)	ThotSystems	4,000,000	650,000	Costo Operacional: Servidor , plan de datos y recambio membrana OD
4	Plataforma flotante/ Boya (docks, estructura protección equipos, sistema anclaje)	Docks.cl	1,000,000		
5	Otros materiales (instalación y fungibles)	-	300,000		
TOTAL			9,000,000	850,000	

*Costos pueden estar sujetos a cambios, asociados a variaciones dólar USD\$ y/o UF

7. DESARROLLO ACTIVIDADES ASOCIADAS A OE N°3

Implementación y puesta en marcha de monitoreo de nivel de agua para la aplicación del Protocolo de manejo de la barra.

7.1 Instalación de regletas en sectores Barrancas y Puente Cáhuil

Durante diciembre se instalaron dos regletas limnimétricas esmaltadas, rotuladas en el rango de 1.0 a 3.0 m NRS. La primera de ellas se instaló en sector Cáhuil, al costado del embarcadero (coordenadas UTM E 773.898 m, UTM N 6.180.608 m Huso 18S Datum WGS-84), según se muestra en la **Figura 5**.



Figura 5 Instalación de regleta de nivel en sector Cáhuil

La segunda regleta fue instalada en sector Barrancas, frente al mirador ubicado al costado del camino principal (coordenadas UTM E 225417 m, UTM N 6177944 m Huso 19S Datum WGS-84), según se muestra en la **Figura 6**.



Figura 6 Instalación de regleta de nivel en sector Barrancas

7.2 Configuración, instalación y puesta en marcha de monitoreo en línea de niveles en sector Puente Cáhuil

La primera actividad para la puesta en marcha del monitoreo telemétrico, consiste en la configuración de la transferencia de datos mediante software HOBOWARE (versión 3.7.23) y la especificación del punto de acceso (APN) de datos vía señal celular para conectarse a las unidades de datalogger RX-3000. De acuerdo al *simcard* de la compañía de telecomunicaciones, en la Tabla se indican los parámetros de APN.

Tabla 5 Parámetros de conexión celular APN

Proveedor celular	APN (Access Point Name)	User	Pass
Entel (recomendado para Cáhuil y Barrancas)			
Movistar (recomendado para Cáhuil)			

Figura 7 Ejemplo de configuración mediante software HOBOWARE, y menú RX Station Manager

Una vez configurada la conexión telemétrica, se puede acceder al panel de configuración y lectura de datos vía servidores HOBOLINK (www.hobolink.com), mediante las credenciales de acceso (*user* y *password*, entregadas al personal a cargo). El menú de *Devices* muestra las unidades *datalogger* RX-3000 conectadas al sistema.

Name	Serial #
RX3000-1 Cahuil	21535689
RX3000-2 Barrancas	21204124

Figura 8 Acceso vía sitio HOBOLINK para configuración y lectura de datos de sensores.

Para la configuración general de cada *datalogger* Rx-3000 es necesario especificar los parámetros de Lectura y Transmisión de datos al servidor (*Readout Configuration*), y ajustar inicialmente un intervalo de conexión de 30 minutos, que generará 48 conexiones por día, según se muestra en la **Figura 9**. Cada vez que se ajuste un parámetro se debe asegurar el presionar el

botón *SAVE* para que se guarden los cambios, y la instrucción sea cargada en el servidor y posteriormente enviada al datalogger.

The screenshot shows the 'Readout Configuration' web interface. At the top, it displays 'Connections 48 Per Day'. Below this, there are input fields for 'Connection Interval' set to 0 hours, 30 minutes, and 0 seconds. A 'Night mode' section is visible with a checkbox, and two dropdown menus both set to '12 AM CLT'. A note states: 'Night mode will begin and end within 1 to 59 minutes of the hour selected'. At the bottom, there are three buttons: 'Back', 'Save', and 'Next'.

Figura 9 Configuración de lectura y transmisión de datos

Para la configuración del intervalo de registro de los sensores, se debe configurar el módulo análogo (*Module Configuration*) que permite alimentar de energía a los sensores, a la vez que recibe la respuesta de las variables medidas en unidades de corriente (miliAmperes, mA). Acá se recomienda especificar un intervalo de registro (*logging Interval*) de 10 minutos y agregar un período de calentamiento (*use excitation power, warmup*) que puede ser ajustado en 5 segundos.

The screenshot shows the 'Module Configuration' web interface. It features a '*Logging Interval' section with input fields for 0 hours, 10 minutes, and 0 seconds. Below that is a 'Sampling Interval' section with an 'Enable' checkbox and input fields for 0 minutes and 0 seconds. A 'Statistics' section includes checkboxes for 'Minimum', 'Maximum', 'Average', and 'Std Dev'. The 'Use excitation power' checkbox is checked, with a radio button selected for 'Warmup' and input fields for 5 seconds and 0 milliseconds. The 'Continuous' radio button is unselected. At the bottom, the 'Serial Number' is displayed as 21498224, and there are 'Back', 'Save', and 'Next' buttons.

Figura 10 Configuración de registro del módulo análogo de sensores

La estación de monitoreo de nivel fue instalada en el sector de Barrancas, en un islote que tiene un árbol (coordenadas UTM E 226.014 m, UTM N 6.177.679 m Huso 19S Datum WGS-84), según se muestra en la **Figura 11**. Junto al sensor de nivel, también se instaló el sensor de salinidad.



Figura 11 Sitio de monitoreo en sector Barrancas. Detalle del datalogger y panel solar instalado en el árbol



Figura 12 Izquierda: Disposición de sensores de nivel (protegido con tubo PVC gris) y salinidad (protegido con tubo blanco) y detalle de protección de cables con manguera reforzada. Derecha: Bloque de hormigón es sujetado por una cadena amarrada al árbol.

7.3 Evaluación de funcionamiento del instrumental y calibraciones necesarias

La conexión de los sensores se realizó mediante un módulo análogo que es capaz de energizar a los sensores mediante un potencial de 12V, y recibir una señal de corriente variable entre 0 y 20 mA. Para cada sensor se especifica el mapa de cableado al módulo análogo, y los parámetros de configuración y escalamiento de unidades en el servidor HOBOLINK.

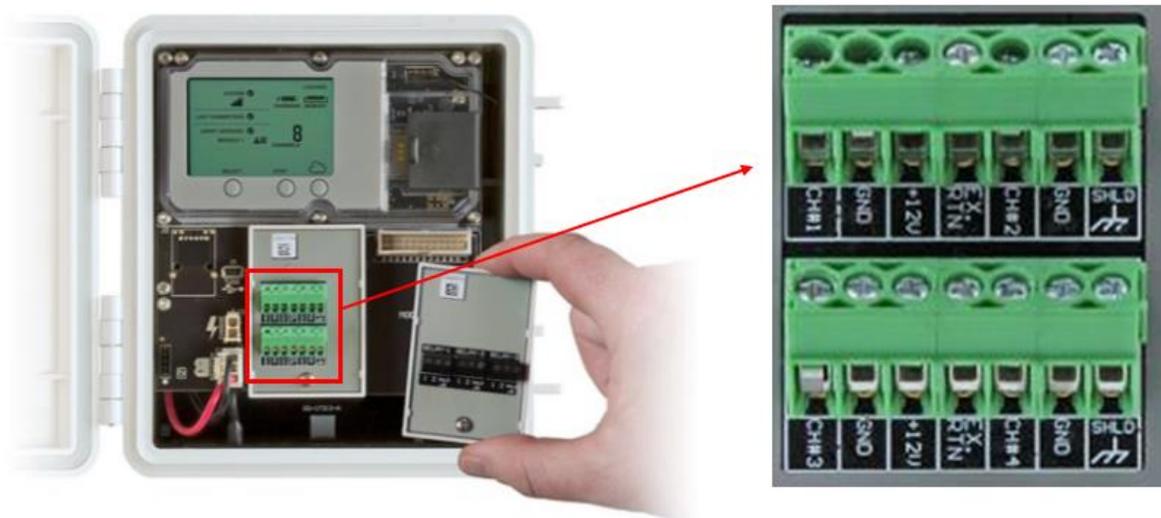


Figura 13 Detalle del Módulo Análogo y puertos de conexión de sensores (RX3000 4-channel Analog Module)

Tabla 6 Sensor de Nivel de Agua

Cable sensor	Puerto de Módulo Análogo Datalogger
Azul	CH#2 (fila superior, datalogger Barrancas)
Rojo	+12V (fila inferior, datalogger Barrancas). Notar que se conecta en fila inferior, ya que fila superior se conecta sensor de Salinidad
Negro	SHLD (fila superior, datalogger Barrancas)

Para homologar las unidades al nivel de reducción de sondas NRS, las unidades escaladas se ajustaron a *Value 1*: 1.29 y *Value 2*: 21.29. El valor 1.29 m adicionado corresponde a la resta del nivel 1.77 m NRS observado (27 diciembre 2022) y la profundidad de donde quedó midiendo el sensor en su instalación inicial, que corresponde a un valor de 0.48 m. De reubicarse el sensor en otra profundidad, se debe realizar el ajuste bajo el mismo criterio.

The screenshot shows a web-based configuration interface for a sensor. At the top, the title is "Sensor Configuration". Below the title, it displays the "Latest Value: -0.0096 m". A note states "Current input maximum is 20.0 mA". There are two checked checkboxes: "Enable Graph" and "Enable this channel". The "Label" field contains "H2O". The "Sensor/Input Type" dropdown is set to "RAW-C-20, Raw Current 0-20 mA". There is a checked checkbox for "Enable Scaling" with a "Help" link. Below this, there are two columns: "Current" and "Scaled Units". Under "Current", the "*Units:" field is "mA", "*Value 1:" is "4.0", and "*Value 2:" is "20.0". Under "Scaled Units", the "*Units:" field is "m", "*Value 1:" is "0.0", and "*Value 2:" is "20.0". Below these fields, the "*Scaled Measurement Type:" dropdown is set to "Nivel". At the bottom, there are three buttons: "Back", "Save", and "Next".

Figura 14 Configuración sensor de Nivel de agua.

Mediante la misma plataforma HOBOLINK se puede acceder a los datos mediante un acceso de administrador con protección de contraseña (**Figura 15** y **Figura 16**), o mediante un panel de acceso público (*dashboard*) basado en enlace a página web (<https://dashboard.hobolink.com/users/25317/dashboards#/>).

Smart Sensors
— **Module 1: Analog Sensors**
Channel 1 - Salinidad (Salinidad): 11.837 PSU
Channel 2 - Nivel (H2O): 1.7745 m
Channel 3: Select Analog Sensor
Channel 4: Select Analog Sensor
Battery (Battery):  81%

Next Device Connection
Expected to connect moments ago

Device Information
General | Communications
Status: Logging
Memory: Wrapping
Nickname: RX3000-2 Barrancas
Serial Number (SN): 21204124
Model: HOBO RX3000 Station - CELL-4G
Firmware Version: 1.39  upgrade
IMEI: 351249954400451

Figura 15 Valores de mediciones Nivel (y salinidad) HOBOLINK via acceso administrador

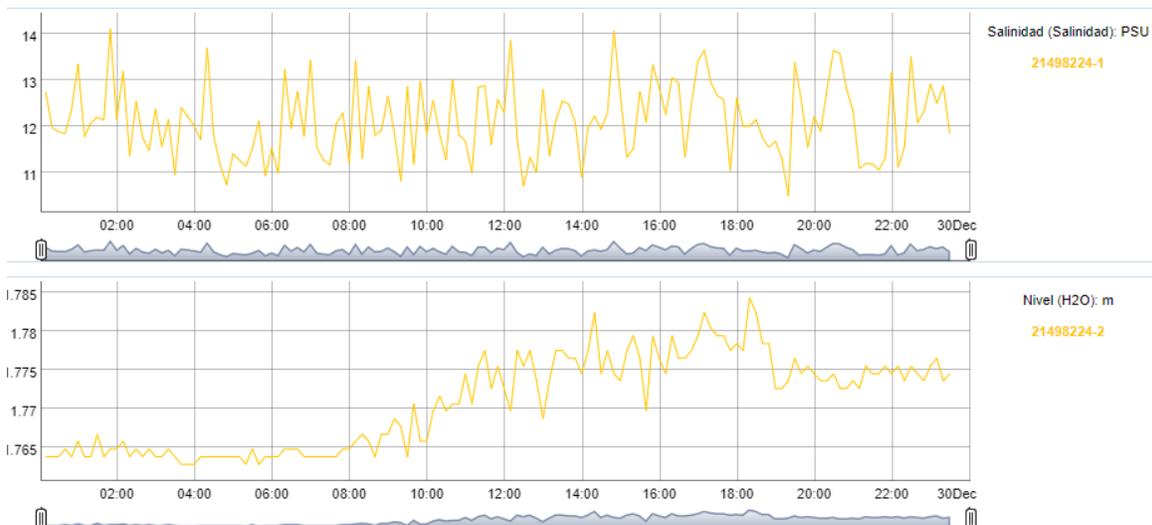


Figura 16 Gráficos de datos (nivel y salinidad) HOBOLINK via acceso administrador

7.1 Elaboración de un programa de mantenimiento del instrumental y equipamiento

Se propone una visita de mantenimiento mensual, no obstante, durante el período inicial de mediciones se puede realizar más frecuente, y después ajustar la frecuencia de mantenimiento en base a la observación en campo.

Tabla 7 Mantenimiento estación sensor de nivel

item	Mantenimiento	Periodo	Frecuencia
Sensor de Nivel	Revisar si es afectado por <i>biofouling</i> o si está cubierto con fango . Limpiar con kit (cotonitos y cepillo de dientes)	Todo el año	Mensual
Datalogger sensor de nivel	Revisar estado cables y candados.	Todo el año	Mensual
Accesorios	Revisar estado de cadenas, tornillos, amarracables, y cualquier pieza que puede ser afectada por oxidación, exposición al sol, etc.	Todo el año	Mensual
Regletas limnimétricas	Revisar estado de regletas	Todo el año	Mensual

7.2 Elaboración de presupuesto anual de operación de los equipos

Para la estación de nivel instalada en Barrancas, se consideran los siguientes costos operativos:

Tabla 8 Costos operación estación sensor de nivel

Costo Operacional	Costo Operacional anual* (\$ pesos)	Observación
Servidor y plan de datos HOBOLINK	200,000	
Estructura protección equipos, regletas	150,000	Reemplazo de piezas y materiales degradados (corrosión)
Otros materiales (instalación y fungibles)	50.000	
Aporte no pecuniario	-	Recursos Municipalidad
TOTAL	400,000	

*Costos pueden estar sujetos a cambios, asociados a variaciones dólar USD\$ y/o UF

8. DESARROLLO ACTIVIDADES ASOCIADAS A OE N°4

Implementación y puesta en marcha de monitoreo de oxígeno disuelto, salinidad y temperatura para la aplicación del Protocolo de manejo de la barra y monitoreo de parámetros ambientales relevantes para la mantención de SSEE del humedal Cáhuil

8.1 Configuración, instalación y puesta en marcha de monitoreo de parámetros

Dentro del desarrollo del trabajo de Diseño e implementación de programa de monitoreo para la aplicación del "Protocolo de manejo de la barra del humedal Cáhuil", se requiere la instalación de un sistema de monitoreo, mediante una boya con sensores (temperatura y oxígeno disuelto). La boya consta de módulos flotantes de polietileno de alta densidad, equivalentes a la superficie de 1 m², y una caja de protección donde se resguardarán los equipos electrónicos.



Figura 17 Unidad de datalogger RX-3000 en terreno

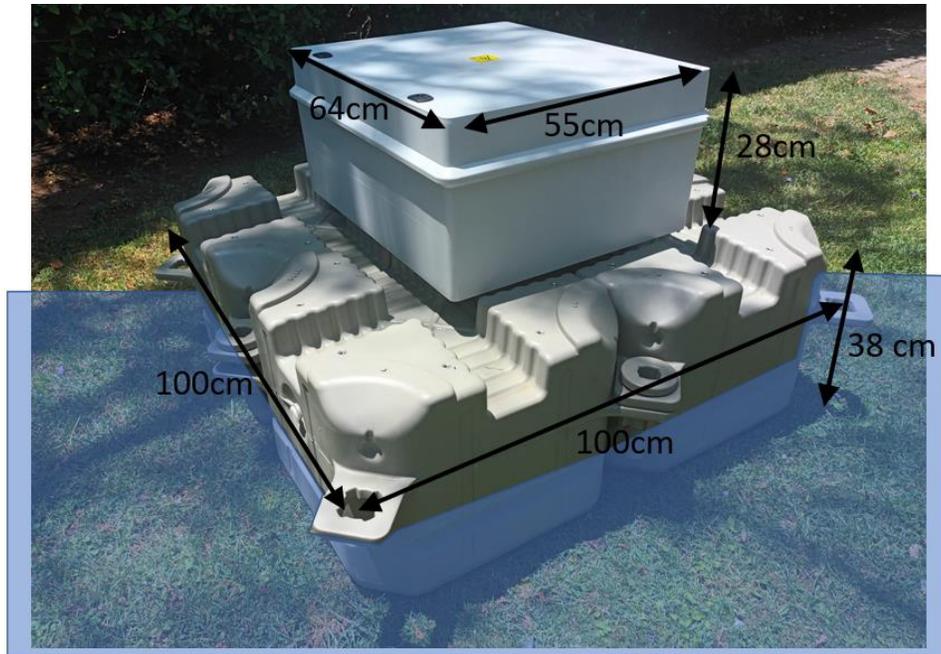


Figura 18 Dimensiones de la boya de monitoreo

La boya tiene un sistema de anclaje que consta de dos pesos de hormigón cónicos (peso 35kg c/u) y cuerda de polipropileno de uso náutico, dispuestos según se muestra en la siguiente **Figura 21**.



Figura 19 Anclajes de hormigón



Figura 20 Boya de monitoreo instalada en el Humedal de Cáhuil

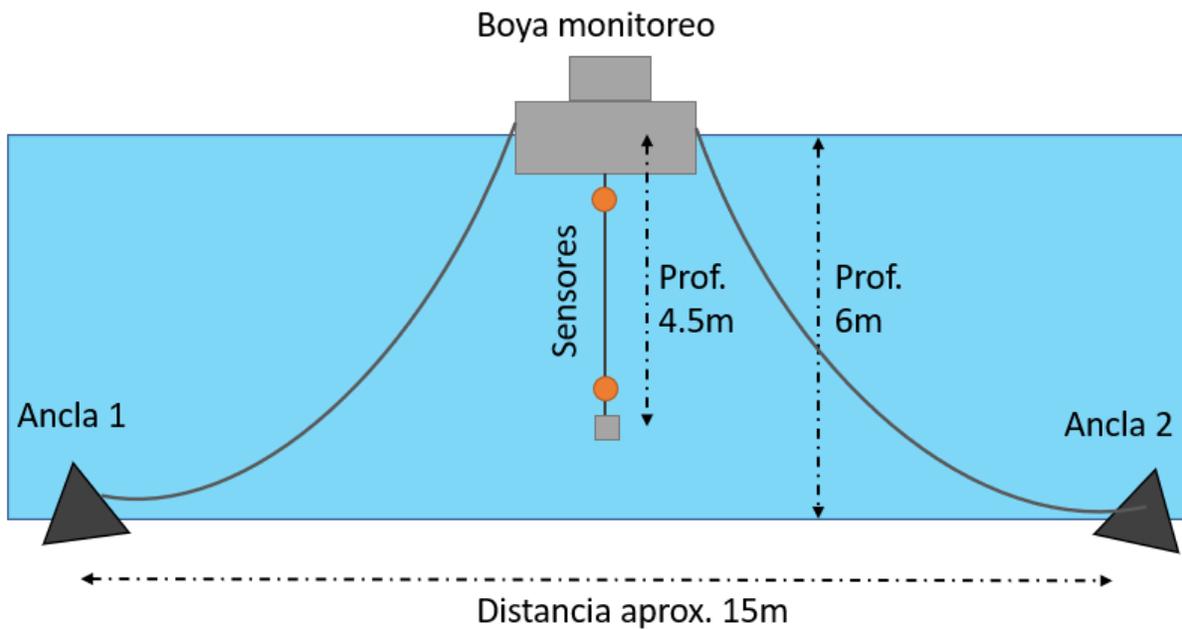


Figura 21 Esquema de boya y anclajes

Su ubicación se implementó en coordenadas indicadas en la **Tabla 9**, en una zona de profundidad aproximada de 6.0 m, aprox. 20 metros al nor-poniente del vértice norte de la concesión de acuicultura SIND. TRAB. DE CAHUIL, según se muestra en la **Figura 22**.

Tabla 9 Coordenadas de puntos de interés

Punto	UTM E	UTM N
Boya	773.930	6.180.437
Ancla 1	773.923	6.180.439
Ancla 2	773.937	6.180.435

Coordenadas WGS84, Huso 18S

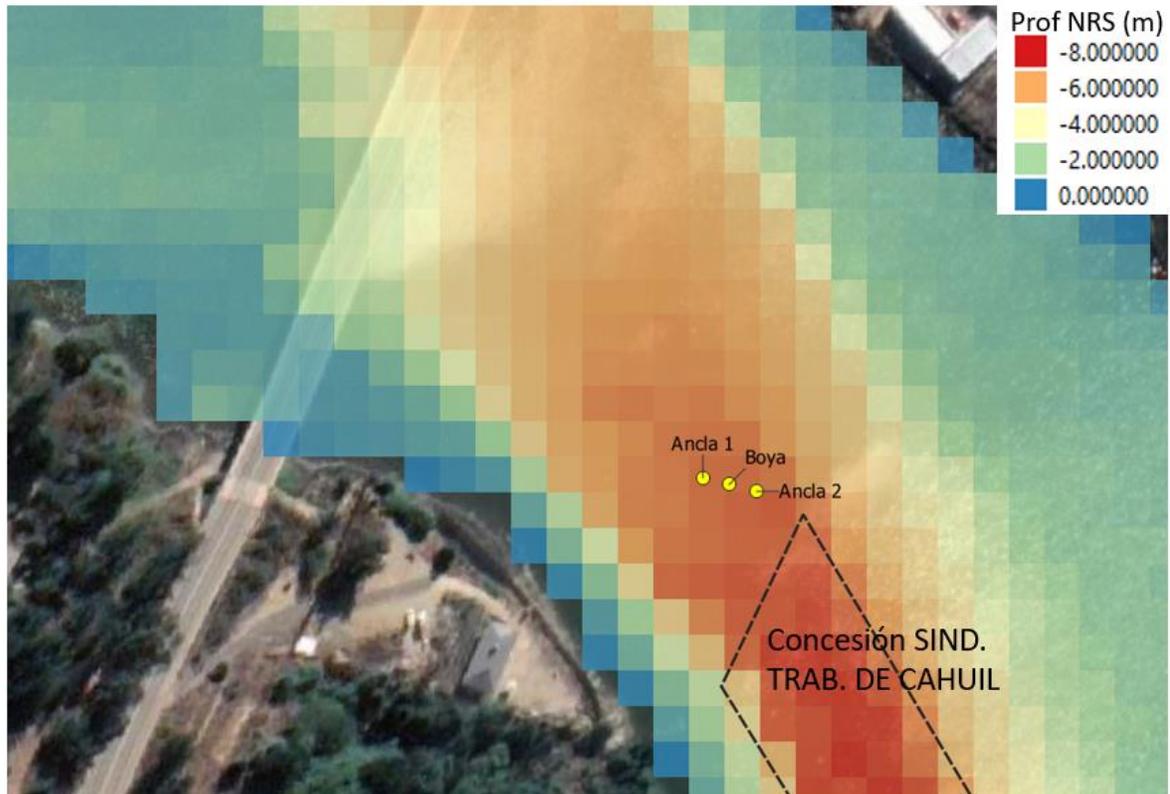


Figura 22 Mapa ubicación de boya y anclajes (se muestra batimetría DOP-MOP, año 2016)

8.2 Evaluación de funcionamiento del instrumental y calibraciones necesarias

Para cada sensor de calidad de aguas se especifica el mapa de cableado al módulo analógico, y los parámetros de configuración y escalamiento de unidades en el servidor HOBOLINK.

Tabla 10 Sensor de Temperatura 1 (superficial)

Cable sensor	Puerto de Módulo Análogo Datalogger
Negro	CH#1 (fila superior, datalogger Cáhuil)
Rojo	+12V (fila superior, datalogger Cáhuil)

Tabla 11 Sensor de Temperatura 2 (profundo)

Cable sensor	Puerto de Módulo Análogo Datalogger
Negro	CH#2 (fila superior, datalogger Cáhuil)
Rojo	+12V (fila superior, datalogger Cáhuil) cable va en mismo conector que sensor Temperatura 1.

Sensor Configuration

Latest Value: 23.395 °C

Current input maximum is 20.0 mA

Enable Graph

Enable this channel

Label:

Sensor/Input Type:

Enable Scaling [Help](#)

Current	Scaled Units
*Units: <input type="text" value="mA"/>	*Units: <input type="text" value="°C"/>
*Value 1: <input type="text" value="4.0"/>	*Value 1: <input type="text" value="-40.0"/>
*Value 2: <input type="text" value="20.0"/>	*Value 2: <input type="text" value="80.0"/>

*Scaled Measurement Type:

Figura 23 Configuración sensor Temperatura 1

Sensor Configuration

Latest Value: 21.356 °C

Current input maximum is 20.0 mA

Enable Graph

Enable this channel

Label:

Sensor/Input Type:

Enable Scaling [Help](#)

Current		Scaled Units
*Units: <input type="text" value="mA"/>		*Units: <input type="text" value="°C"/>
*Value 1: <input type="text" value="4.0"/>	=	*Value 1: <input type="text" value="-40.0"/>
*Value 2: <input type="text" value="20.0"/>	=	*Value 2: <input type="text" value="80.0"/>

*Scaled Measurement Type:

Figura 24 Configuración sensor Temperatura 1

Tabla 12 Sensor de Salinidad

Cable sensor	Puerto de Módulo Análogo Datalogger
Blanco	CH#1 (fila superior, datalogger Barrancas)
Rojo	+12V (fila superior, datalogger Barrancas)
Negro	GND (fila superior, datalogger Barrancas)

Sensor Configuration

Latest Value: -0.031 PSU

Current input maximum is 20.0 mA

Enable Graph

Enable this channel

Label:

Sensor/Input Type:

Enable Scaling [Help](#)

Current	Scaled Units
*Units: <input type="text" value="mA"/>	*Units: <input type="text" value="PSU"/>
*Value 1: <input type="text" value="4.0"/>	*Value 1: <input type="text" value="0.0"/>
*Value 2: <input type="text" value="20.0"/>	*Value 2: <input type="text" value="50.0"/>

*Scaled Measurement Type:

Figura 25 Configuración sensor de Salinidad

Tabla 13 Sensor de Oxígeno Disuelto

Cable sensor	Puerto de Módulo Análogo Datalogger
Blanco	CH#3 (fila inferior, datalogger Cáhuil)
Rojo	+12V (fila inferior, datalogger Cáhuil)
Negro	GND (fila inferior, datalogger Cáhuil)

Sensor Configuration

Latest Value: 0.2902 mg/l OD

Current input maximum is 20.0 mA

Enable Graph

Enable this channel

Label:

Sensor/Input Type:

Enable Scaling [Help](#)

Current	Scaled Units
*Units: <input type="text" value="mA"/>	*Units: <input type="text" value="mg/l OD"/>
*Value 1: <input type="text" value="4.0"/>	*Value 1: <input type="text" value="0.0"/>
*Value 2: <input type="text" value="20.0"/>	*Value 2: <input type="text" value="20.0"/>

*Scaled Measurement Type:

Figura 26 Configuración sensor de Oxígeno Disuelto

The screenshot displays a web interface for monitoring a HOBOLINK station. At the top, there is a search bar with a magnifying glass icon. Below it, the 'Smart Sensors' section is expanded to show 'Module 1: Analog Sensors'. This module provides data for three channels: Channel 1 (Temperature at 0.5m depth: 23.337 °C), Channel 2 (Temperature at 4.5m depth: 21.116 °C), and Channel 3 (Dissolved Oxygen at 3m depth: 8.2563 mg/l OD). Channel 4 is currently set to 'Select Analog Sensor'. A battery status indicator shows 95% charge. Below the sensors, a 'Next Device Connection' section indicates the next connection is expected in 8 minutes. The 'Device Information' section has two tabs: 'General' (selected) and 'Communications'. The 'General' tab displays the following details: Status: Logging; Memory: Wrapping; Nickname: RX3000-1 Cahuil; Serial Number (SN): 21535689; Model: HOBO RX3000 Station - CELL-4G; Firmware Version: 2.35; and IMEI: 350588280367855.

Smart Sensors	
- Module 1: Analog Sensors	
Channel 1 - Temperatura (Temp_1 (prof 0.5m)):	23.337 °C
Channel 2 - Temperatura (Temp_2 (prof 4.5m)):	21.116 °C
Channel 3 - Oxigeno Disuelto (OD (prof 3m)):	8.2563 mg/l OD
Channel 4: Select Analog Sensor	
Battery (Battery_):	 95%

Next Device Connection
Next connection expected 8 minutes from now

Device Information

General | Communications

Status: Logging

Memory: Wrapping

Nickname: RX3000-1 Cahuil

Serial Number (SN): 21535689

Model: HOBO RX3000 Station - CELL-4G

Firmware Version: 2.35

IMEI: 350588280367855

Figura 27 Valores de mediciones Temperatura y Oxígeno disuelto HOBOLINK via acceso administrador

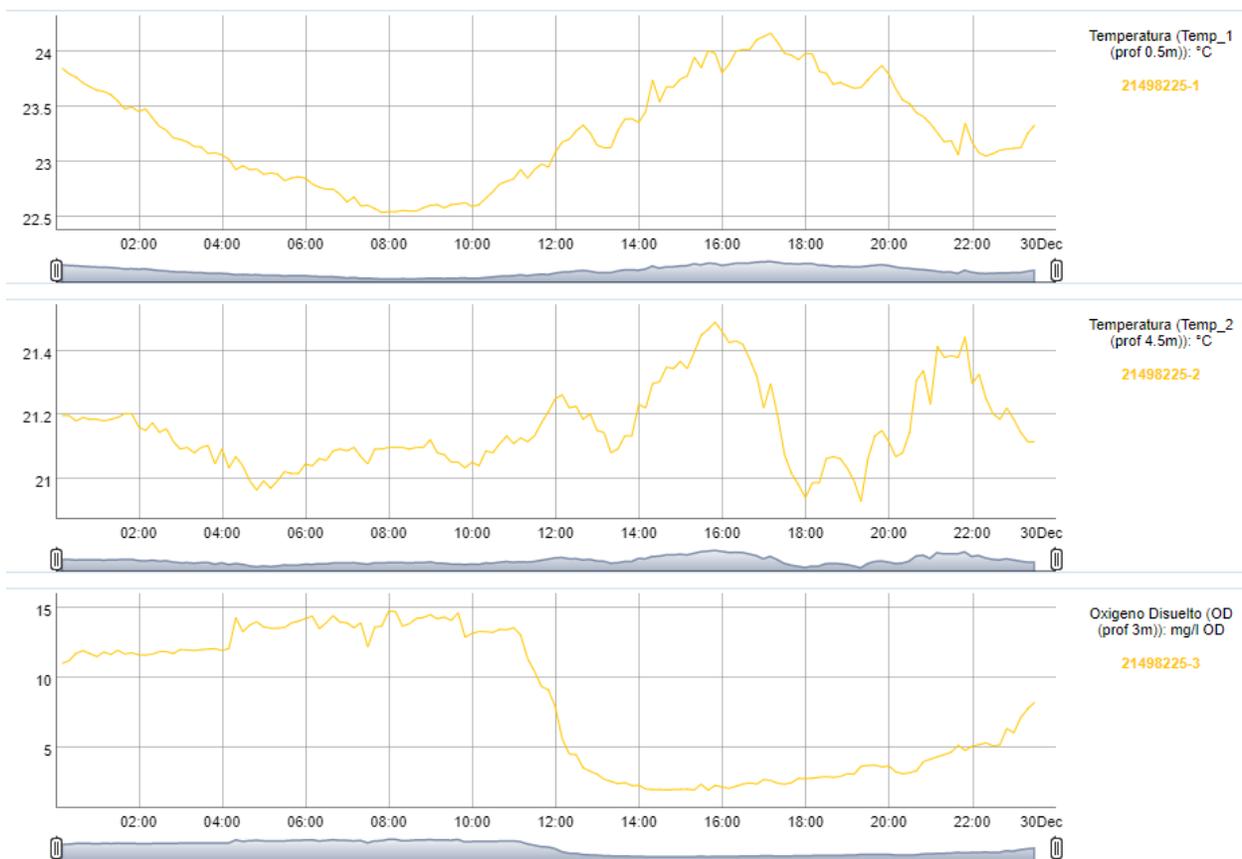


Figura 28 Gráficos de datos (temperatura y oxígeno disuelto) HOBOLINK via acceso administrador

8.1 Elaboración de un programa de mantenimiento del instrumental y equipamiento

En general los parámetros de calidad de agua, tienen mayor relevancia durante una determinada parte del año (octubre a abril), y el resto del año pueden retirarse y mantenerse guardados hasta el siguiente inicio de temporada (octubre).

Tabla 14. Mantenimiento estación sensores calidad de agua

Ítem	Mantenimiento	Periodo	Frecuencia
Sensor de calidad de agua (temperatura, salinidad y oxígeno disuelto)	Revisar si es afectado por <i>biofouling</i> o si está cubierto con fango. Limpiar con kit (cotonitos y cepillo de dientes)	Octubre a Abril	Mensual
Sensor de Oxígeno disuelto	Recambio de membrana (hacer mantenimiento al inicio de cada temporada)	Previo a Octubre	Anual
Datalogger sensor de nivel	Revisar estado cables y candados.	Octubre a Abril	Mensual
Accesorios	Revisar estado de cadenas, tornillos, amarracables, cuerdas y cualquier pieza que puede ser afectada por oxidación, exposición al sol, etc.	Octubre a Abril	Mensual

8.2 Elaboración de presupuesto anual de operación de los equipos

Para la estación de calidad de agua instalada en Cáhuil, se consideran los siguientes costos operativos:

Tabla 15. Costos operación estación sensores calidad de agua

Costo Operacional	Costo Operacional anual* (\$ pesos)	Observación
Servidor y plan de datos HOBOLINK	200,000	
Recambio membrana OD	450,000	
Plataforma flotante/ Boya (docks, estructura protección equipos, sistema anclaje)	150,000	Reemplazo de piezas y materiales degradados (corrosión)
Otros materiales (instalación y fungibles)	50.000	
Aporte no pecuniario	-	Recursos Municipalidad
TOTAL	850,000	

*Costos pueden estar sujetos a cambios, asociados a variaciones dólar USD\$ y/o UF

9. REFERENCIAS

DGA, 2014. Diagnóstico de la condición trófica de cuerpos lacustres utilizando nuevas herramientas tecnológicas, Dirección General de Aguas . S.I.T. N° 347, 212 pp.(Realizado por Centro de Ecología Aplicada)

GEF Humedales Costeros, 2021. Propuesta Integral de Protocolo de Apertura Mecanizada de la Barra Terminal para el Humedal Cáhuil.

Mesa Ambiental Rapel, 2015. Mesa Ambiental Publico-Privada Embalse Rapel, Región de O'Higgins. Sistema de Monitoreo Continuo Embalse Rapel. Año 2015

MMA, 2015. Diagnóstico ambiental a partir de la estructura y funcionamiento del humedal Cáhuil. Ministerio de Medio Ambiente (Realizado por Centro de Ecología Aplicada)

MMA, 2016. Red de Monitoreo de la Condición Ambiental de Ecosistemas Acuáticos. Informe Final. Ministerio de Medio Ambiente Licitación ID: 608897-187-LE15. (Realizado por Centro de Ecología Aplicada)

MMA, 2020. Propuesta de criterios mínimos para la sustentabilidad de humedales urbanos. INFORME FINAL. Ministerio del Medio Ambiente. Proyecto GEF Humedales Costeros. Octubre 2020

MOP-DOP, 2018. Diagnóstico Desembocadura Laguna Cáhuil, Comuna de Pichilemu. Ministerio de Obras Públicas / Dirección de Obras Portuarias (Realizado por: Arcadis).

10. ANEXOS

ID	Contenido
ANEXO N°1	Carpeta digital con las cotizaciones de los proveedores Aquaflo, Unisource y Thot Systems.