



# Reporte Técnico 2022-2023

## Instituto Nacional de Hidráulica



Instituto  
Nacional de  
Hidráulica

Ministerio de Obras  
Públicas

Gobierno de Chile



Arica. Latitud: 18°30'27.08"S / Longitud: 70°19'10.14"O



## Índice

Palabras del Director Ejecutivo INH 03

Información institucional 2022-2023 05

Nuestro trabajo 25

Estudios 2022-2023 36

Desafíos 2024-2025 47

## Palabras del director

El Instituto Nacional de Hidráulica (INH) fue creado en 1967, cuando el país requería construir obras marítimas y no contaba con apoyo técnico suficiente para estudiarlas y diseñarlas.

De esta forma, nuestro instituto ha estado ligado a los grandes puertos de Chile, con los que hoy tenemos una larga y fructífera relación y seguimos contando con su confianza, proporcionándoles, por ejemplo, asesorías expertas y acompañamiento en el desarrollo de sus **proyectos marítimos, en la construcción de modelos físicos para evaluar nuevas obras o mejorar las existentes**, así como también en la elaboración de **modelos matemáticos**, como es el caso del desarrollo de **sistemas de predicción que permiten pronosticar oleaje**, tanto fuera del puerto como en su interior, incorporando además inteligencia artificial a este sistema a través de la aplicación de modelos de oleaje subrogado, mediante aprendizaje supervisado (machine learning). Así, innovamos, incorporando tecnologías avanzadas en los proyectos, en beneficio de nuestros clientes.

La investigación e innovación aplicada a nuestros estudios y proyectos son un sello característico del INH. A lo largo de nuestra historia, hemos abordado un importante número de proyectos y estudios hidráulicos, **tanto marítimos como fluviales**, en temas complejos, que incluso se encuentran en la frontera de la ciencia. Por lo anterior, tenemos una estrecha **relación con la academia**, a través del desarrollo de proyectos de investigación en conjunto y la participación **de congresos y seminarios nacionales e internacionales**, presentando avances en la ciencia, cumpliendo con nuestra misión de difusión del conocimiento.

La participación del INH en la **Red Nacional de Laboratorios de Ingeniería e Investigación Hidráulica** es parte de nuestro trabajo incansable para compartir los conocimientos generados e intercambiar experiencia con las principales universidades del país. Asimismo, nuestra **relación con la comunidad** se ve reflejada en la realización de cursos o talleres en el ámbito hídrico así como la

realización de visitas técnicas guiadas por nuestras instalaciones, que permiten transferir en un lenguaje cotidiano lo complejo de los fenómenos que estudiamos. Las actividades del Día de los Patrimonios, nos brindan mucha satisfacción, ya que nos permiten abrir las puertas y recibir a mucha gente interesada en descubrir y asombrarse de lo que se realiza al interior de nuestras instalaciones.



Director Ejecutivo del INH, Emilio Torres Valdebenito.

En nuestro trabajo, desarrollamos estudios y proyectos para clientes públicos y privados. Se podría afirmar que **el INH es el único organismo público en Chile, que realiza estudios hidráulicos desde los levantamientos iniciales de terreno, hasta las recomendaciones de medidas estructurales o no estructurales a aplicar en la construcción.** La **mirada integral** de los proyectos nos permite contar con líneas de trabajo tales como: mediciones de caudales y corrientes, topografía/batimetría, modelos físicos y matemáticos, calibración de medidores de flujo (ducto cerrado y abierto) e I+D+i (investigaciones marítimas, energía, aluvionales/lahares, desaladoras, etc.), las que interactúan, dependiendo del tipo de proyectos o investigación a realizar u objetivos a cumplir.

Es del caso, por ejemplo, que para realizar las mediciones de terreno se requiere contar con equipos calibrados y certificados. Sabemos que las mediciones de flujo no son correctas si los equipos de medición no se encuentran calibrados con máxima precisión. En este sentido, el INH presta servicios de **calibración de equipos de medición de flujo líquido en ducto cerrado y de velocidad de flujo en canal abierto**, los cuales se encuentran acreditados por Instituto Nacional de Normalización (INN), según **norma NCh-ISO/IEC 17025:2017**, sello de garantía para nuestros clientes.

Todas las actividades que realiza el instituto, solo se pueden hacer contando con un **equipo humano de alto nivel profesional y en constante perfeccionamiento, comprometido con la calidad del servicio** que se entrega permanentemente. Nuestro capital humano nos llena de orgullo y nos permite seguir pensando en cómo el INH se proyecta a futuro.

Son 56 años de intensa labor, con proyectos e investigaciones a lo largo de todo Chile. Los años 2022 y 2023 no fueron la excepción a la intensa labor desarrollada, con proyectos muy interesantes y clientes satisfechos con nuestro compromiso y trabajo.



IMAGEN SUPERIOR.  
Día de los Patrimonios  
2022 en el laboratorio  
de modelación física.

IMAGEN INFERIOR.  
Funcionario Jaime  
Montesinos en el banco  
de calibraciones de  
ducto cerrado

**INFORMACIÓN  
INSTITUCIONAL  
INH**



## Quiénes somos

El Instituto Nacional de Hidráulica (INH) es una corporación autónoma con personalidad jurídica de derecho público, con patrimonio propio, y con plena capacidad para adquirir, ejercer derechos y contraer obligaciones.

Se relaciona con el Gobierno a través del Ministerio de Obras Públicas (MOP) y tiene entre sus roles dar apoyo técnico a todas las direcciones de dicha repartición que tienen vínculos con el agua y la infraestructura. Está dirigido por el Director Ejecutivo y un Consejo que cumple un rol estratégico.

Sus principales instalaciones se ubican en la ciudad de Peñaflor. En una superficie de aproximadamente 64.000 m<sup>2</sup>, el servicio cuenta con instalaciones experimentales, de investigación y de calibraciones, que permiten abordar problemáticas complejas asociadas al agua. Su equipo técnico, compuesto por personas dedicadas a la investigación, ingeniería, geomensura y construcción de modelos físicos, desarrolla estudios hidráulicos avanzados para organismos públicos y privados, y presta servicios de aforos de caudales y corrientes, y calibración de equipos de medición de flujo.



Equipo INH en el laboratorio en Peñaflor. Noviembre de 2023.

## Misión del INH

Nuestra misión es desarrollar estudios e investigación aplicada de proyectos de infraestructura hidráulica, con un enfoque integral y criterios sustentables, contribuyendo con ello a dar respuestas a los desafíos del país.



## Hidráulica Marítima

La infraestructura marítima es vital para Chile, dado su extenso litoral y dependencia del comercio internacional. Puertos eficientes potencian la economía y fortalecen la competitividad global del país. En este ámbito, el INH realiza importantes aportes en el estudio de infraestructura costera y portuaria, tales como estudios de verificación de diseño de obras marítimas y/o su optimización, de comportamiento de buque atracado; y de corrientes, oleaje, mareas y transporte de sedimentos, entre otros.



## Hidráulica Fluvial

En Chile, los estudios de hidráulica fluvial y aluvional son cruciales y deben considerar escenarios de cambio climático. Estos estudios permiten anticipar y mitigar impactos de eventos extremos, como inundaciones y aluviones, hoy más frecuentes e intensos, ayudando a proteger comunidades y a planificar estrategias de adaptación y resiliencia. En este contexto, el INH realiza diversos estudios de inundación en cauces; diagnóstico de obras hidráulicas y de puentes; simulación de eventos aluvionales/lahares y estudios de la dinámica de cauces y estuarios. Por otro lado, asesora técnicamente como contraparte técnica y peritajes.

## Nuestra historia

Los inicios del INH se remontan a 1951, cuando Jean Laurent, director del Laboratorio Central de Hidráulica de Francia, redactó un informe para la creación de un laboratorio de hidráulica, donde expuso: **“la necesidad de un laboratorio de estudios hidráulicos que será para Chile un instrumento de desarrollo económico tanto más valioso por cuanto los problemas del agua son, en este país, particularmente numerosos e importantes para el futuro”**.

El proyecto, liderado por el experto francés por encargo del Ministerio de Obras Públicas, fue **implementado en 1953** en Peñaflores para estudios e investigaciones de estructuras marítimas en modelo a escala reducida.

En **1964 amplió sus actividades con estudios de obras hidráulicas de regadío, sanitarias y otras**, para entidades estatales y privadas, y en 1967 se constituyó el Instituto Nacional de Hidráulica como tal, con el fin de desarrollar investigación y estudios en materias hídricas y de escurrimiento de fluidos, calibración de instrumentos y máquinas hidráulicas, y colaborar con la docencia universitaria.

Desde su creación, el INH ha sido el único instituto tecnológico público de Chile dedicado a realizar estudios de ingeniería e investigación en obras definidas como estratégicas para el desarrollo del país. De esta forma, en sus 56 años el INH ha desarrollado **más de 340 estudios hidráulicos relacionados con mareas, inundaciones, puertos, embalses, aluviones, infraestructura hidráulica, y servicios de aforos y calibraciones** a lo largo de todo Chile.

A partir de 1980, el instituto ha sumado progresivamente infraestructura y equipamiento propios de laboratorios de hidráulica a nivel mundial, tales como infraestructura para modelos físicos a escala reducida, laboratorios de calibraciones con canales de calibración de molinetes y flujómetros, canal bidimensional de olas, canal experimental de socavación de pilas de puentes, entre otros.

Adicionalmente, el INH ha incorporado en forma permanente tecnología, que le permite contar en la actualidad con instrumentos de medición, equipamiento computacional y software especializados, para ofrecer una amplia gama de servicios de ingeniería.



Publicación en la revista Zig-Zag. Junio de 1956.

## Consejo INH

El Consejo INH tiene un rol estratégico en la institución. En conjunto con la Dirección Ejecutiva define los lineamientos del actuar del instituto, vela por la marcha correcta de sus servicios y por la ejecución de la planificación e inversiones propuestas anualmente por la Dirección.

Este órgano está conformado por los siguientes consejeros y consejeras:

Director General de Obras Públicas y presidente del Consejo	Boris Olguín Morales
Directora de Obras Hidráulicas	María Loreto Mery Castro
Superintendente de Servicios Sanitarios	Jorge Rivas Chaparro
Director de Obras Portuarias	Ricardo Trigo Pavez
Representante del Vicepresidente de la Corporación de Fomento de la Producción	Macarena Aljaro Inostroza
Representante del Presidente de la República, vinculado con la docencia universitaria.	Yarko Niño Campos



Visita del Consejo INH al laboratorio de modelos físicos del instituto.

## Director Ejecutivo INH

**Emilio Torres Valdebenito es ingeniero civil industrial de la Universidad Técnica Federico Santamaría**, posee un **M.Sc. in Water Resources Management** de la University of Applied Sciences FH-Nordostniedersachsen Suderburg, Alemania y es **Doctor en Ciencias** de la Leuphana Universität Lüneburg, Alemania.

Cuenta con más de **20 años de experiencia en instituciones públicas y privadas**, desempeñándose en planificación y gestión de recursos hídricos, proyectos hidráulicos, aguas lluvias, manejo de cauces, modelación hidrológica e hidrogeológica, modelación hidráulica y procesos industriales, modelación del comportamiento de RILes y contaminación de aguas.

Fue gerente de Ingeniería de PROIECTA Ingeniería Alemana S. A.; ingeniero asesor del proyecto Klimzugnord Leuphana Universität Lüneburg, Alemania; director regional de Obras Hidráulicas del Ministerio de Obras Públicas (MOP); ingeniero de Proyectos de Riego del MOP; asesor técnico de la Dirección de Obras Hidráulicas (DOH) del MOP, e ingeniero asesor en Servicio País.



Director Ejecutivo del INH, Emilio Torres Valdebenito.

## Comité de Género

El Comité de Género del INH surgió en 2022, con el lineamiento de desarrollar actividades y cumplir compromisos gubernamentales relacionados con equidad de género. Está constituido por dos representantes de la dirección, quienes son las encargadas titular y suplente, una representante gremial y una representante de las personas no afiliadas.



Commemoración Día Internacional de la Mujer, 2024.

## Avances 2023

1. Participación en la elaboración de la Política de Género y Diversidad del Ministerio de Obras Públicas.
2. Actualización del Código de Ética INH con perspectiva de género.
3. Capacitación básica del 20% del personal en materias de género.

## Proyecciones 2024

1. Diagnóstico de inequidades, brechas y barreras de género en el INH.
2. Concientización de estudiantes de enseñanza media respecto de la participación de mujeres en carreras de ciencias, tecnología, ingeniería y matemáticas.
3. Elaboración y actualización de procedimientos y normativa institucional relacionados con Violencia en el Trabajo, Acoso Laboral y Sexual para el INH.
4. Creación de una sección web sobre equidad de género en inh.cl.

## Instalaciones

### Instalaciones del laboratorio de hidráulica de Peñaflo

64.000 m<sup>2</sup>, a 37 kilómetros de Santiago.



Vista general de la parcela INH.

### Laboratorios de modelación física

Galpón 1 Juan Carlos Huerta: 5.000 m<sup>2</sup>

Galpón 2: 2.045 m<sup>2</sup>



Vista interior del laboratorio.

### Laboratorio de calibración y prueba de bombas centrífugas: 1.250 m<sup>2</sup>

Capacidad hasta:

- 300 m<sup>3</sup>/h
- 100 KW
- 16 bar



### Canal bidimensional de olas

- Largo útil: 45 m
- Ancho: 1,5 m
- Altura: 1,8 m
- Cuenta con paleta 2d VTI con absorción dinámica



### Canal de calibración

Único laboratorio en Chile acreditado en la magnitud de flujo líquido en canal abierto.

- Largo útil: 70 m
- Ancho: 1,5 m
- Profundidad: 1,5 m



### Canal experimental de socavación en pilas

- Largo útil: 15 m
- Ancho: 1,5 m
- Pendiente variable entre 0 y 7%
- Caudal máximo 600 l/s





ENTREVISTA: NIKKY LEIVA LEIVA

## “El INH es un servicio público que resuelve problemas muy específicos de la ingeniería hidráulica”



Nikky Leiva Leiva es ingeniera civil en Obras Civiles de la Universidad Técnica Federico Santa María y actualmente cursa el programa de **Magíster en Gestión del Agua**, de la misma casa de estudios. En 2019 realizó su trabajo de titulación en el canal de estudio de socavación de pilas de puentes en el Instituto Nacional de Hidráulica. Posteriormente, comenzó su carrera profesional como ingeniera de estudios en la Unidad de Modelación Física del INH. Hoy forma parte de la **Unidad de Ingeniería y Desarrollo**, donde se desempeña como ingeniera de proyectos y desde 2022, es **encargada de Género** de la institución.

### ¿Cómo ha sido tu experiencia profesional en el instituto?

Bastante **enriquecedora**. Me tocó empezar trabajando como **memorista** para hacer mi proceso de titulación, luego estuve apoyando a la Unidad de Modelación Física y actualmente me desempeño como ingeniera de proyectos en la Unidad de Ingeniería y Desarrollo. En este tiempo he observado que el instituto nos brinda la oportunidad de mantener una autoformación constante. Esto incluye estar atentos a los nuevos artículos y publicaciones en diversas áreas, como las técnicas utilizadas en proyectos de ingeniería hidráulica, así como herramientas de medición, recopilación de datos, programación e inteligencia artificial, entre otros temas.

### De las áreas en las que has trabajado, ¿cuál te ha gustado más?

Principalmente, he trabajado en modelación física, lo que me ha permitido enfrentar proyectos diversos, como técnicas de monitoreo de fenómenos extremos, tales como **crecidas, aluviones o proyectos costeros**. Actualmente, estamos involucrados en un proyecto iniciado en 2023 relacionado con las crecidas del año pasado, que tuvieron un gran impacto en la ciudadanía y

**"Una de nuestras principales fortalezas es la integración de la modelación numérica con la modelación física".**

requieren medidas urgentes. Obtener resultados rápidamente y proponer diseños que mitiguen el impacto en las personas es sumamente relevante. **Ver cómo estos proyectos se materializan y generan un efecto positivo en la sociedad es una gran motivación.**

#### **¿Cuál es la importancia que tiene la modelación física en los estudios del INH?**

El INH es un servicio público que resuelve problemas muy específicos de la ingeniería hidráulica, tanto de proyectos públicos como privados. Una de nuestras principales fortalezas es la integración de la modelación numérica con la modelación física. Los proyectos de **modelación física** nos permiten comprender el fenómeno en su particularidad, recopilar datos para probar **distintas alternativas y soluciones in situ**, y observar cómo cambia el comportamiento hidráulico. Esto proporciona mayor certeza a la hora de implementar soluciones.

Por otro lado, no siempre se cuenta con toda la información de campo para simular fenómenos complejos con modelación numérica, datos que pueden ser obtenidos utilizando la modelación física. Posteriormente, con el uso de **clusters**, podemos simular una variedad de **soluciones adicionales. Esta integración**

**de técnicas no se realiza en todas partes, y es un distintivo que fortalece la precisión de nuestros proyectos.**

#### **¿Hay algún proyecto que quieras destacar?**

Sí, hay un par de proyectos que me gustaría destacar. Uno de ellos se realizó en colaboración con otros organismos, y tenía como objetivo probar un **sistema de medición de alerta temprana para eventos de crecidas y aluviones**. La particularidad de ese proyecto era utilizar sensores y cámaras, incluso cámaras de seguridad, para implementar el sistema con herramientas de bajo costo. Utilizando técnicas como el análisis de imágenes con seguimiento de partículas y diferentes sensores, se busca obtener la velocidad superficial y la altura de escurrimiento. Estos datos permiten, para ciertas condiciones hidráulicas, generar una alerta temprana, para que la gente pueda evacuar zonas de riesgo y se disminuya el impacto de estos fenómenos.

Otro proyecto interesante es el **embalse Ancoa**, iniciado en 2023. Este proyecto incorpora el efecto del cambio climático en la hidrología, permitiendo evaluar caudales que superan los previstos en el diseño original del embalse. Este efecto se probará en un modelo físico, donde se evaluarán distintos diseños de protección para la ribera del río Ancoa en la zona de restitución del caudal. Podremos observar el impacto de las crecidas del año pasado, que fueron atípicas y extremas, y dejaron muchos estragos.

#### **¿Cuáles son las herramientas o tecnologías más importantes que usas en tu trabajo?**

Uno de los desafíos constantes es el análisis de datos, especialmente cuando son de alta resolución o en grandes volúmenes. Para ello, utilizamos la **programación**, una herramienta clave que nos permite obtener resultados precisos.

**"Hemos incorporado las impresoras 3D de filamentos, que nos han permitido materializar elementos con una resolución mucho más fina para la confección de los modelos físicos".**

Además, están las herramientas para procesar imágenes, ya que el INH cuenta con distintos tipos de sensores.

En el último tiempo, hemos incorporado las impresoras 3D de filamentos, que nos han permitido materializar elementos con una resolución mucho más fina para la confección de los modelos físicos. Esto reduce los errores al escalar los elementos. La **inteligencia artificial** se ha comenzado a utilizar también para una variedad de aplicaciones.

## **Equidad de género**

### **¿Qué avances ha tenido el instituto en equidad de género?**

El instituto ha avanzado en incrementar la participación de mujeres en las áreas técnicas y profesionales, aunque todavía queda mucho por hacer, especialmente en los grupos de trabajo que van a terreno y construyen los modelos

físicos. Además, es crucial promover la conciliación de la vida laboral y familiar dentro de la institución. Este es un desafío que debemos abordar y generar instancias para concientizar a todo el equipo.

La equidad de género no solo contribuye a un mejor ambiente de trabajo, sino también a que los proyectos sean más sostenibles, con un impacto más positivo y mejor rentabilidad. Diversas estadísticas y fuentes, como el Banco Interamericano de Desarrollo, han demostrado que los proyectos con una perspectiva multidisciplinaria y diversa en temas de género tienen una mejor rentabilidad.

Cualquier acción en este sentido sienta las bases para futuros avances. Un ejemplo de esto es la capacitación en género realizada el año pasado, que alcanzó al 35% de la comunidad del INH. Aunque son pasos pequeños, estos esfuerzos están poniendo sobre la mesa temas que antes no se abordaban y preparan el camino para cambios más profundos.

ENTREVISTA: RODRIGO HERRERA HERNÁNDEZ

## “La modelación física debe ser considerada como una inversión en el diseño de obras”



Ingeniero civil mención Hidráulica, Sanitaria y Ambiental de la Universidad de Chile, Rodrigo Herrera Hernández además tiene un **Diploma de Postítulo en Energías Renovables no Convencionales** en la misma casa de estudios. Ingresó al INH en 2011, como ingeniero y jefe de proyectos y aceptó en 2016 el desafío de liderar como jefe la recién creada Unidad de Modelación Física. Entre mayo de 2022 y julio de 2023 asumió el rol de **director ejecutivo (s) del INH** y actualmente es **jefe de la Unidad de Ingeniería y Desarrollo**.

### ¿Cómo ha sido tu experiencia profesional en el instituto?

**Diversa y desafiante.** Una oportunidad para trabajar en distintos ámbitos de la hidráulica, aplicando las **herramientas de modelación matemática y física para resolver problemas** de ingeniería. En general resolviendo aspectos técnicos específicos de ingeniería hidráulica, y también participando en comités técnicos relacionados con la gestión de recursos hídricos.

En muchos estudios se trabaja estrechamente con la academia, con organismos nacionales e internacionales, lo cual uno agradece desde el punto de vista profesional.

### ¿Hay algún proyecto que quieras destacar?

Difícil pregunta dado que cada proyecto tiene sus desafíos particulares. Destaco el estudio en **modelo físico del Puerto de Gran Escala de San Antonio**, donde trabajamos en conjunto con **HR Wallingford**, una institución experta en modelación física en el ámbito marítimo, generando un intercambio técnico y humano enriquecedor desde todo punto de vista. En el estudio desarrollamos el **análisis en el canal de olas del INH**, para dos secciones del proyecto de rompeolas, que hasta la fecha, son las secciones de mayores dimensiones construidas en la historia del INH. El modelo de la primera sección en el canal INH fue liderado durante 6 meses por un ingeniero de HR Wallingford, experiencia que nos permitió reafirmar métodos de trabajo aplicados tradicionalmente por

**"La evidencia científica respecto del cambio climático nos obliga a cuestionarnos las metodologías y los criterios de ingeniería aplicados actualmente al diseño de obras".**

INH y detectar opciones de mejora. En particular, agradezco la oportunidad de viajar a Reino Unido y conocer esta institución, aprendiendo en terreno sus metodologías de construcción y de ensayos de modelación física.

Otro proyecto que fue muy desafiante a nivel técnico fue el **modelo físico de flujo aluvional en la Quebrada de Macul**, un tipo de modelación que no se había ejecutado anteriormente en el INH y para la cual **no existe un procedimiento específico en la literatura**. Entonces en conjunto con la academia y otros organismos internacionales logramos establecer criterios de escalamiento y definir metodologías de ensayo que permitieron desarrollar el estudio. Al principio suponíamos que íbamos a construir solo un modelo físico a escala, sin embargo, tuvimos que realizar varias pruebas experimentales para lograr la concentración del material granular de mayor tamaño en el frente del flujo aluvional, luego realizamos un modelo a escala 1 a 80 con el fin de estudiar la eficiencia de obras de desvío del flujo. Finalmente construimos y realizamos los ensayos definitivos en un modelo físico 1 a 50 que representaba en detalle las obras existentes en la Quebrada Macul.

### **¿Cuáles son los mayores desafíos que has enfrentado en el INH?**

Un tema que ha representado todo un desafío es la adquisición de datos experimentales. Cuando enfrentas un modelo físico, como ingeniero, quieres obtener la mayor cantidad de datos experimentales, que permitan caracterizar los fenómenos hidráulicos. En este sentido, las nuevas tecnologías de los sensores de medición, y el mayor acceso a plataformas con microcontroladores re-programables, ha generado una tremenda oportunidad para el desarrollo de sistemas de adquisición de datos en laboratorio, área en que hemos venido indagando paso a paso. Asimismo, el procesamiento de datos experimentales es un área muy atractiva que requiere estar estudiando continuamente y en contacto con las redes de colaboración del INH. Todo esto es fundamental, si se considera que al medir en un modelo físico siempre se comete un error, el cual debe ser analizado y acotado claramente, dado que un error en el modelo físico se multiplica por un factor de escala en la naturaleza.

### **¿Tienes alguna anécdota o experiencia que quieras compartir?**

Recuerdo con cariño el primer proyecto que debí liderar en mi primer año en el INH, un proyecto Fondef que tenía la finalidad de **cuantificar el recurso energético producto de las corrientes de marea en el canal de Chacao**, mediante el desarrollo de un modelo matemático bidimensional, tema en el que había realizado mi tesis de título. Como anécdota recuerdo que en mi primer terreno en Puerto Montt, tenía la misión de contactar buzos que nos apoyaran en la instalación de mareógrafos a lo largo del canal de Chacao, mientras otros compañeros realizaban las mediciones de topografía. Entré a un pequeño bazar en Pargua, donde me atendió una amable señora, quien al notar que no era de la zona me hizo varias preguntas.

Otras anécdotas para el registro son las visitas de autoridades. Recuerdo cuando le **presentamos un ensayo de la Quebrada Macul a la ex presidenta de**

**Chile, Michelle Bachelet.** El ensayo, que tiene una duración de menos de 10 segundos, inicia al abrir la compuerta de un estanque ubicado a 8 metros de altura, que contiene un gran volumen de mezcla de agua, bentonita y material granular, generando un flujo que cae a gran velocidad. El día de la presentación estábamos todos muy nerviosos, pues sólo habíamos realizado 2 pruebas anteriores, una fallida y una exitosa. Afortunadamente, y ante la expectación de las autoridades, la presentación fue todo un éxito.

Como experiencias personales y profesionales destaco las **pasantías internacionales en HR Wallingford de Reino Unido, y en el Instituto Nacional del Agua (INA) ubicado en Buenos Aires, Argentina.** Valoro profundamente las personas que tuve el agrado de conocer, con quienes aún mantengo contacto.

### ¿Cuáles son las herramientas o tecnologías más importantes que usas en tu trabajo?

Siempre estamos mirando hacia adelante. Los modelos matemáticos que funcionaban con procesadores, funcionan hoy con tarjeta gráfica, optimizando exponencialmente los tiempos de cómputo. La inteligencia artificial avanza todos los días, y hay que estar atentos para incorporar esta herramienta a los métodos de ingeniería tradicionales.

En el ámbito de la modelación física, hemos aprendido que los sistemas de adquisición de datos que uno compra, son cajas negras que no permiten adaptación a los distintos problemas que enfrentas en la experimentación física. Entonces, empezamos a trabajar en generar cajas blancas, es decir, **sistemas diseñados y construidos en INH que sean adaptables y configurables dependiendo de la variable física medida** y de las necesidades particulares de cada estudio.

En cuanto al levantamiento de datos en terreno, contamos con un perfilador de corrientes acústico doppler (ADCP) para medición de perfiles de velocidad, batimetrías y cálculo de caudal que hemos utilizado en diversos ríos. Actualmente, estamos en contacto con expertos internacionales para aplicar esta

tecnología a la medición de arrastre de fondo en ríos, y para aprender de las técnicas de procesamiento de datos.

### ¿Cuál es la importancia que tiene la modelación física en los estudios del INH?

Los problemas de ingeniería que son consultados al Instituto, en general, están ligados a obras de infraestructura que tienen un alto costo y un alto impacto social. Muchas veces la modelación matemática por sí sola no puede entregar certezas respecto del diseño de estas obras, por ejemplo en proyectos de obras de protección costera, o bien de obras en cauces donde una forzante relevante corresponde al transporte de sedimentos. En estos casos es fundamental apoyar el diseño mediante estudios en modelación física.

La modelación física debe ser considerada como una inversión en el diseño de obras. Hemos constatado en cada modelo físico que realizamos, que **los proyectos de obras hidráulicas pueden ser optimizados y/o re diseñados, disminuyendo así los riesgos y externalidades** asociados a la implementación de cada proyecto.

### ¿Cuáles consideras que son los mayores desafíos actuales y futuros para el INH?

**El desafío es la adaptación.** La evidencia científica respecto del cambio climático y la gran variabilidad de predicciones de escenarios futuros de precipitaciones, caudales y estados de mar, nos obliga a **cuestionarnos las metodologías y los criterios de ingeniería aplicados actualmente** al diseño de obras.

Por lo anterior, se desprende el desafío permanente de mantener una sinergia continua con las redes de colaboración internacionales, que permitan recoger y adaptar las experiencias de otras regiones a la realidad nacional.

## Capital humano

Ofrecemos un servicio integral, gracias a nuestras áreas técnicas y administrativas, sumadas a la experiencia senior de nuestros socios estratégicos. Nuestro capital humano destaca por su alto nivel de compromiso, proactividad y especialmente por su buena formación y calidad técnica, lo que ha permitido generar equipos de trabajo colaborativos y cohesionados, un buen ambiente laboral, logrando estudios y productos de excelencia.



Curso supervisión en montaje de andamios, 2023.







Equipo INH

# **NUESTRO TRABAJO**





## INGENIERÍA Y DESARROLLO

### Gestión de estudios

Liderazgo técnico y administrativo de los estudios y asesorías hidráulicas de la institución, definiendo metodologías y enfoques técnicos, así como la conformación de equipos de técnicos y profesionales expertos en hidráulica y asesores senior.



## I+D+i

### Investigación e Innovación

Desarrollo de líneas investigativas y articulación de iniciativas de investigación de toda la institución, así como con organizaciones externas, universidades y centros tecnológicos para desarrollos conjuntos. Generación de procesos y métodos innovadores; y desarrollo de nuevas y mejores herramientas a utilizar en estudios y asesorías.

## Unidades técnicas



## OPERACIONES

### Modelación física y trabajos de campo

Desarrollo de levantamientos topobatimétricos y mediciones de campo de variables hidráulicas, en zonas marítimas o fluviales, a lo largo de todo. Desarrollo de los modelos de terreno.

Construcción de modelos físicos a escala reducida con técnicas avanzadas y de alta precisión, de grandes y medianas obras hidráulicas; y la implementación de equipamiento de medición para el correcto registro de las variables hidráulicas de los modelos, así como de las instalaciones experimentales existentes (canal de olas, de calibración, de socavación de pilas).



## CALIBRACIONES E INSTRUMENTACIÓN

### Calibraciones en canal abierto y ducto cerrado bajo la norma ISO 3455:2021 acreditado por el INN

Calibración de instrumentos de medición de caudal utilizados para la medición en canales abiertos y ductos cerrados en presión, con trazabilidad al sistema internacional de unidades. Ensayos de bombas centrífugas, con instalaciones y equipamiento único en el país. Acreditados por el INN para calibraciones en canal abierto y ducto cerrado bajo la norma ISO 3455:2021.

## Modelación física

Un modelo físico corresponde a la **representación a escala reducida de un sistema hidráulico real**, como un río, un embalse, un canal o una estructura de control de inundaciones, entre otros, cuyo grado de sofisticación varía en función del objetivo de cada estudio o proyecto. **La elección de la escala del modelo es vital** para la correcta reproducción de los fenómenos de transporte de flujo y de sedimentos en ambientes naturales, así como para evaluar el comportamiento de obras y máquinas hidráulicas.

En Chile, el INH ha tenido un rol clave en el desarrollo de estudios de ingeniería que han utilizado modelos físicos, logrando evaluar el funcionamiento y estabilidad de obras de protección costeras y fluviales; analizar el movimiento del agua y transporte de sedimentos en ríos y zonas costeras; caracterizar el comportamiento del flujo en obras de bocatoma, vertederos y descargas asociados a grandes obras hidráulicas; describir el comportamiento buques u otras estructuras flotantes; así como la evaluación de obras hidráulicas en sus fases constructivas.

### ¿Por qué un modelo físico?

Por lo general, en ingeniería se presentan situaciones complejas donde el comportamiento del flujo, el transporte de sedimentos y/o su interacción con las obras de infraestructura hidráulica es difícil de caracterizar, con el detalle y nivel de certeza requeridos, empleando otras herramientas de ingeniería como la modelación numérica o bien mediante formulaciones empíricas. Ejemplos de estos problemas en ingeniería, son la caracterización hidráulica de los flujos aluvionales, la determinación de las socavaciones máximas en pilas de puente por crecidas en ríos, la interacción del oleaje con estructuras de protección costera o bien la caracterización del movimiento y solicitaciones de amarras de un buque atracado, por nombrar algunos.



Modelo Físico de Playa Brava, Iquique.



Ensayos de estabilidad y sobrepaso para una sección del rompeolas a escala reducida del Puerto de Gran Escala de San Antonio.

## Modelación Numérica

Los modelos numéricos sirven para evaluar y entender la dinámica de un medio natural (oceánico - costero, fluvial, lacustre, etc), **simulando computacionalmente las ecuaciones que rigen la dinámica de la mecánica de fluidos, resolviéndolas con la ayuda de diferentes aproximaciones y esquemas numéricos.** Para abordar los estudios de modelación numérica, el INH dispone de una plataforma computacional (HPC), herramientas y softwares que pueden disminuir alrededor de un 70% los tiempos de cómputo en comparación a un computador de oficina.

El **INH ha realizado proyectos de modelación numérica con distintos enfoques, alcances y especificidad**, dentro de los cuales destacan Canal de Chacao (2D y 3D), Distintas etapas del Proyecto Parque Víctor Jara (1D - 2D - 3D), Rompimiento de presas (2D), Embalse Ancoa (3D), Río Mapocho (2D), Flujos Laháricos Villarrica (2D), entre otros.

Algunos de los softwares más usados son	OpenFoam	Xbeach
Iber	Swan	Reef3D
Suite Mike21	Delft3D	SPHERA (RSE SpA)
Suite Telemac	DualSPPhysics	EFDC (US-EPA)
	Funwave	Hec-Ras 1D y 2D

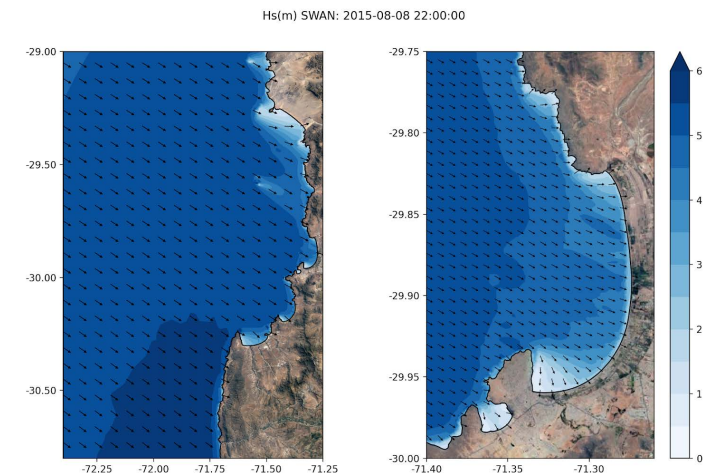
### ¿Por qué un modelo numérico?

Muchos problemas de ingeniería abarcan grandes extensiones de terreno, necesitan el **análisis de variables en largos periodos** o requieren la **evaluación de numerosas alternativas** a implementar. Es aquí donde los modelos numéricos

aparecen como una alternativa rápida y robusta técnicamente. Sin la modelación numérica se haría imposible realizar **forecasting y hindcasting** en diferentes áreas de la física, como por ejemplo oleaje, meteorología, cambio climático, etcétera, permitiendo tomar decisiones que en muchas ocasiones salvan vidas humanas.

### Consideraciones

Es preciso tener claro el objetivo o la problemática a abordar, lo que permitirá tomar la decisión correcta al escoger un modelo en una, dos o tres dimensiones y, por otra parte, saber los antecedentes necesarios y mínimos para realizar la modelación. La especificidad de la problemática repercute directamente en el tipo de modelo, mallado y en consecuencia en los tiempos de cómputo. Además, se debe procurar que los resultados del modelo numérico sean contrastados con datos de campo de buena calidad para asegurar la representación del fenómeno en estudio.



Variaciones de la línea de costa en verano e invierno, período 2000-2020, a partir de imágenes satelitales en el sector norte de la bahía de Coquimbo.

## Calibraciones e Instrumentación

El INH realiza calibraciones bajo la norma ISO/IEC 17025:2017, acreditada por el Instituto Nacional de Normalización (INN), y ensayos de bombas centrífugas según la norma NCh 686 Eof.70, asociados al funcionamiento de maquinarias hidráulicas utilizadas en la mayoría de las cadenas productivas de nuestro país, así como también, en la instrumentación y sistemas de medición utilizados en sus modelos físicos y ensayo de bombas centrífugas.

El instituto otorga respaldo metrológico, asegurando resultados de medición con trazabilidad válidos nacional e internacionalmente.

Estos servicios de calibración y ensayo se dividen en:

- **Banco de ducto cerrado** donde se calibran instrumentos medidores de caudal en tuberías, como flujómetros electromagnéticos, flujómetros ultrasónicos tiempo en tránsito, flujómetros ultrasónicos doppler, flujómetros de inserción magnética, etc.



Banco de calibración de ducto cerrado.

- **Banco de calibración para canal abierto**, donde se calibran instrumentos medidores de velocidad como molinetes de hélice, magnéticos, sensores área velocidad, etc. Cabe destacar que el INH es el único laboratorio en Chile acreditado en flujo líquido en canal abierto ante el INN (Método comparativo basado en ISO 3455:2007).



Banco de calibración canal abierto.

- **Banco de ensayo de bombas centrífugas horizontales** de capacidad hasta 300 m<sup>3</sup>/h, capacidad de potencia hasta 100 KW y 16 bares de presión de columna de agua.



Banco de ensayo de bombas centrífugas horizontales.

- **Banco de ensayo de bombas verticales y sumergibles** con capacidad de 300 m<sup>3</sup>/h, potencia hasta 100 KW y presión de columna de agua de 16 bares.



Banco de ensayo de bombas verticales y sumergibles.

## Operaciones

El INH realiza mediciones en terreno y en laboratorio (modelos a escala reducida) con el fin de recolectar la información de entrada para la elaboración de los estudios, así como también la obtención de resultados en los diversos ensayos asociados a la ejecución de los proyectos que elabora. El instituto cuenta con profesionales y equipamiento tecnológico para adquirir datos en el ámbito de la geodesia, topografía, aerofotogrametría, hidrografía y oceanografía.

Dentro del área de topografía destacan, los trabajos en terreno que implican mediciones geodésicas, es decir, la materialización de sistemas de transporte de coordenadas que permiten georreferenciar los trabajos topográficos y batimétricos en los proyectos. Para la generación de los sistemas de transporte de coordenadas, el INH cuenta con equipos GNSS geodésicos, niveles de ingeniero y estaciones totales.

Por otra parte, para los trabajos de detalle el INH cuenta con equipos tradicionales (GNSS, estaciones totales, ecosondas), además de drones (con sensores ópticos y láser) que permiten realizar levantamientos aerofotogramétricos y LiDAR, generando nubes de puntos densas, ortomosaicos rectificadas, modelos digitales de elevación, etc.; información base con la que es posible realizar diversos análisis espaciales de las zonas en estudio. Los sistemas de medición mencionados anteriormente pueden ser utilizados en los más diversos escenarios geográficos y climáticos, entregando soluciones acordes con las necesidades de nuestros clientes.



Levantamiento LiDAR realizado por el INH.



Levantamiento Topobatómico realizado con GNSS apoyado de aerodeslizador.



En el área de hidrografía, destaca la realización de aforos de caudal realizados con flujómetros inductivos (calibrados en el canal bidimensional perteneciente al INH) y sistema ADP.



Aforo de caudal mediante equipo ADP River Surveyor.



Aforo de caudal mediante flujómetro inductivo.

En el área de oceanografía, destaca la medición de variables hidráulicas de interés, como corrientes, oleaje y mareas, realizados con sistemas ADCP y Mareógrafos.



ADCP recuperado luego de medición de 1 mes en lecho fluvial.

## Gestión y difusión del conocimiento

### 2022

#### 1. Participación en el XXX Congreso Latinoamericano IAHR, de Foz de Iguazú, Brasil, que permitió las siguientes instancias de intercambio científico.

1.1. Participación en el encuentro de la Red de Institutos Nacionales Iberoamericanos de Ingeniería e Investigación Hidráulica (RINIIH).

1.2. Participación en la Asamblea General de la División Latinoamericana de la Asociación Internacional de Ingeniería e Investigación Hidro-ambiental (IAHR-LAD).

1.3. Presentación de los siguientes trabajos:

- Estudio experimental de la socavación en un lecho granular aguas abajo de un lecho fijo producto de un pulso aluvional. Autores: Jaime Cotroneo O. (INH), Aldo Tamburrino T., Constanza Lagos O.
- Análisis experimental y numérico de las obras de abrigo de la nueva caleta Arica. Autor: Eduardo González P. (INH).

- Aproximación numérica a la dinámica de la interfase de un fluido estratificado debido al esfuerzo de corte en la superficie. Autores: Luis Zamorano R., Yarko Niño C.

- Póster, Revisión de metodologías de evaluación de vulnerabilidad hidráulica de puentes y su aplicación a puentes chilenos. Autores: Felipe Negrete S., Jaime Cotroneo O.

#### 2. Participación en Seminario Internacional de Ingeniería y Operación Portuaria (SIOP).

Presentación del trabajo: Diagnóstico playa La Serena. Resultados del balance sedimentológico de la bahía y los posibles efectos del cambio climático. Autores: Eduardo González P., Luis Zamorano R.

## 2023

### 1. Participación en el XXV Congreso de la Sociedad de Ingeniería Hidráulica (Sochid), en Valdivia, Chile.

Presentación de los siguientes trabajos:

1.1. Evaluación de factores que explicarían el retroceso de la playa de La Serena, Chile. Autores: José González V., Yarko Niño C., Luis Zamorano R.

1.2. Infiltración de metales pesados en sustratos de cauces naturales. Autores: Javiera Torres, Natalia Bustamante-Penagos, Luis Zamorano R., Carola Martínez, Alex Garces, Santiago Montserrat, Yarko Niño.

### 2 Participación en el Seminario de Recursos Hídricos y Medio Ambiente (RHMA) de la Universidad de Chile.

Presentación del trabajo: Estudio experimental de la condición de depósito y erosión de flujos aluvionales sucesivos. Autor: Jaime Cotroneo O.



XXVI Congreso Chileno de Ingeniería Hidráulica. Octubre de 2023.

## Redes de colaboración

Para dar respuesta a problemáticas complejas, se requiere del trabajo en conjunto con la academia y otras Instituciones, por lo que el INH mantiene membresías en organismos científicos y convenios de cooperación, tanto en el ámbito nacional como el internacional.

Destaca la coordinación de la Red Nacional de Laboratorios de Hidráulica y la presidencia de la Red de Institutos Nacionales Iberoamericanos de Ingeniería e Investigación Hidráulica (RINIHH).

## Colaboración permanente



## Convenios nacionales



# **ESTUDIOS 2022-2023**



## Cantidad de estudios por región

En sus 54 años de historia, el INH ha desarrollado más de 300 estudios hidráulicos relacionados con marejadas, inundaciones, puertos, embalses, aluviones, infraestructura hidráulica y servicios de aforos y calibraciones, a lo largo de todo Chile. San Antonio y Valparaíso son las infraestructuras portuarias donde se han desarrollado más estudios.

**344** estudios en total

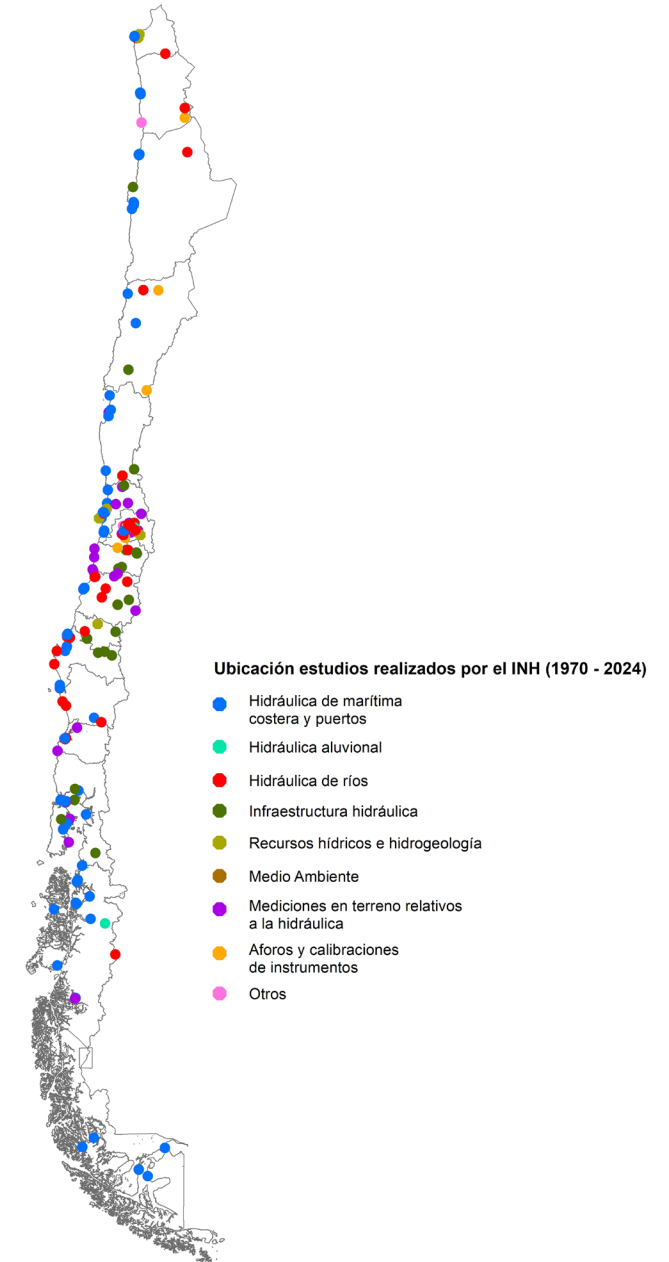
**333** en regiones

**11** estudios a escala nacional

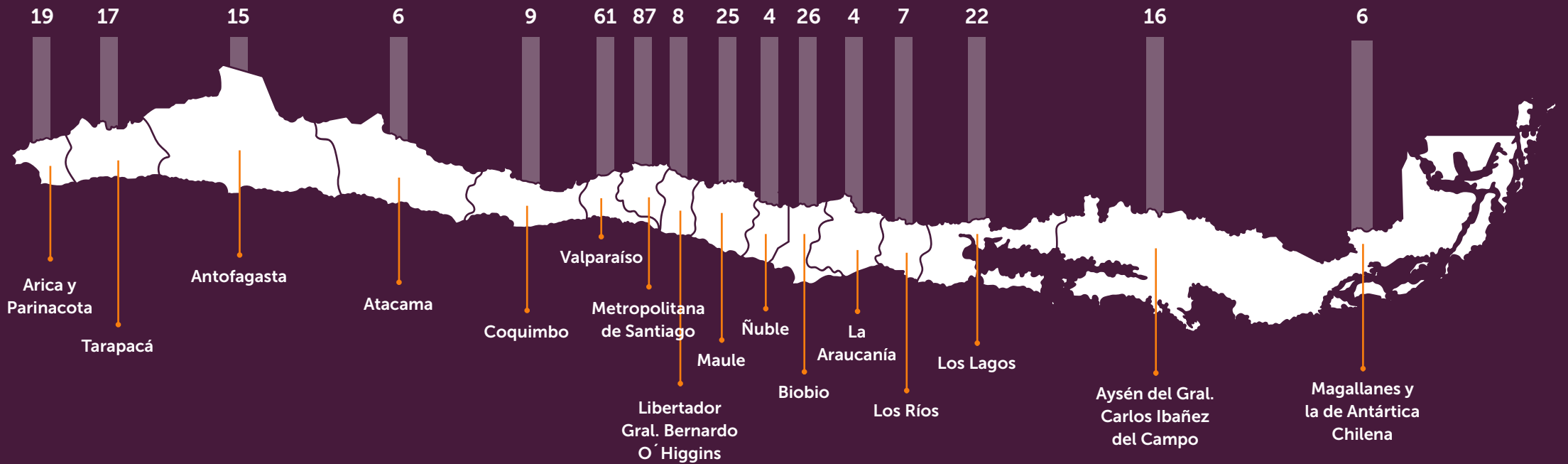
**1** internacional

**110** estudios y mediciones realizadas en el río Maipo

Temática	Cantidad de estudios
Aforos y calibraciones de instrumentos	10
Hidráulica aluvional	2
Hidráulica de marítima costera y puertos	141
Otros	6
Hidráulica de ríos	88
Infraestructura hidráulica	49
Recursos hídricos e hidrogeología	10
Mediciones en terreno relativos a la hidráulica	36
Medio Ambiente	2
<b>Total general</b>	<b>344</b>



## Cantidad de estudios por región



Interregionales 11

Internacionales 1

**Total 344**

## SIMULACIÓN HIDRÁULICA DE FLUJO ALUVIONAL Y CRECIDA RÍO BURRITOS, VILLA SANTA LUCÍA

## HYDRAULIC SIMULATION OF ALLUVIAL FLOW AND FLOODING OF THE BURRITOS RIVER, VILLA SANTA LUCIA

Periodo de ejecución: 2022-2023

Mandante: Ilustre Municipalidad de Chaitén

Localización: Villa Santa Lucía, Comuna de Chaitén, Provincia de Palena Región de los Lagos.

### Desafío

Chile reúne diversas características que lo convierten en un territorio susceptible a sufrir desastres naturales, lo cual constituye una amenaza tanto para el normal desarrollo de las actividades productivas, como para la preservación del ambiente y la vida de los habitantes del país. En dicho contexto, una de las amenazas recurrentes en el país está asociada a los aluviones, que consisten en el movimiento gravitacional de mezclas de masas de sedimentos saturadas de agua (González, 2021).

En diciembre de 2017, en la Villa Santa Lucía, perteneciente a la comuna de Chaitén, ubicada en la región de Los Lagos, la combinación de fuertes precipitaciones, elevada isoterma cero, altas temperaturas (considerando la latitud de la zona), y una topografía con fuertes pendientes, provocaron el deslizamiento de un importante volumen de sedimentos, que generó un aluvión en la cuenca alta del río Burritos, y que se desplazó hacia aguas abajo, modificando el lecho del río e inundando todo el sector norte de la ciudad, provocando la muerte de 22 habitantes.

En el marco del plan nacional y regional para la reducción del riesgo de desastres, la Municipalidad de Chaitén, por medio del convenio de transferencia de recursos entre la Secretaría Regional Ministerial de Vivienda y Urbanismo de Los Lagos, solicita al Instituto Nacional de Hidráulica elaborar un estudio de simulación hidráulica de flujo aluvional en una zona de la Villa Santa Lucía y de crecidas en el río Burritos, en la Región de Los Lagos.

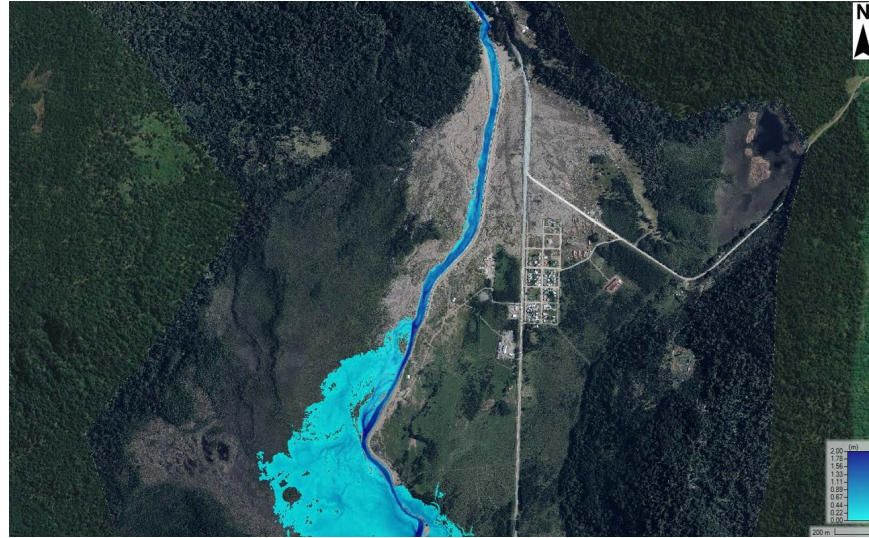
### Objetivo del Estudio

El estudio tiene como objetivo principal, determinar las áreas en riesgo de inundación por efecto de la generación de flujos aluvionales, y proponer medidas de mitigación que permitan reducir las áreas de inundación. Por otra parte, se busca evaluar la estabilidad de los enrocados existentes en el río burritos ante crecidas de flujo líquido.

### Desarrollo

El estudio se desarrolla en tres etapas. La Etapa I considera la recopilación y análisis de antecedentes; y la implementación y análisis de resultados de un modelo numérico bidimensional del flujo aluvional, identificando las áreas de inundación para los distintos escenarios de flujo modelados. La Etapa II consiste en el diseño y simulación numérica de alternativas de obra de mitigación, y un análisis comparativo que permita evaluar el efecto de cada alternativa. Por último, la Etapa III consiste en la implementación y análisis de un modelo numérico bidimensional para evaluar crecidas líquidas del río Burritos asociadas a distintos periodos de retorno.





Resultados profundidad de agua (m) modelo hidráulico  
HEC-RAS - Periodo de retorno 200 años



Fotos del dron despues de la inundación.

### Elementos innovadores del estudio

Dada la complejidad del análisis del comportamiento del flujo aluvional, la modelación numérica utilizó el solver fadebris-Foam (González, 2021), el cual aplica el método de áreas finitas (FAM), con el fin de simular numéricamente el movimiento de flujos detríticos de densidad variable sobre geometrías tridimensionales complejas. Además, se analizaron distintos modelos de fricción, los cuales controlan la velocidad de avance y la zona en que el flujo detrítico se detiene (González, 2021).

### Resultados y/o aporte

Como resultado del estudio se logra la implementación de dos modelos numéricos bidimensionales, que permiten caracterizar flujos aluvionales en la zona de estudio, y además un modelo que permite simular crecidas de flujo líquido en el río Burritos, para las condiciones iniciales definidas en el estudio.

A partir de las simulaciones se identificaron las zonas de riesgo de inundación a causa de los flujos aluvionales para los distintos escenarios analizados, y se desarrollaron propuestas de obras de mitigación para amortiguar los efectos del flujo aluvional. Por otro lado, se logró la caracterización hidráulica de las crecidas de flujo de agua (sin sedimentos) en el río Burritos, permitiendo evaluar la estabilidad del enrocado de protección.

## MODELO FÍSICO 2D Y 3D PARA DISEÑO RELOCALIZACION CALETA PESQUERA ARICA

### 2D AND 3D PHYSICAL MODEL FOR THE DESIGN OF THE RELOCATION OF THE ARICA FISHING COVE

Periodo de ejecución: 2022-2023

Mandante: PRDW

Localización: Arica, Provincia de Arica,  
Región de Arica y Parinacota

#### Desafío

En los últimos años se ha generado un impulso importante a nivel nacional para desarrollar futuros proyectos para nuestro país en materia de pesca y acuicultura, y en particular, respecto de proyectos de construcción de nuevas caletas pesqueras.

En este contexto, es importante destacar, que el estudio y evaluación de la ingeniería de detalle de las obras de protección de oleaje, en términos del análisis de estabilidad de la coraza; la cuantificación de los niveles de sobrepaso por oleaje; y la determinación de los coeficientes de agitación al interior de la dársena, requieren necesariamente de estudios en modelo físico, dada la complejidad de los fenómenos físicos involucrados en el diseño de estas obras, y los niveles de inversión asociados.

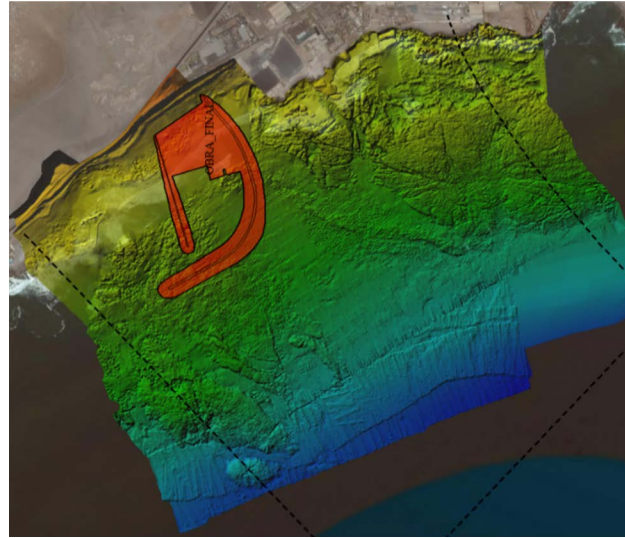
#### Objetivo del Estudio

El objetivo del estudio es realizar la evaluación del diseño de ingeniería de detalle de las obras marítimas correspondientes a la Caleta Pesquera de Arica, Región de Tarapacá, mediante análisis en modelo físico en canal bidimensional (2D) y en modelo físico tridimensional (3D).

#### Desarrollo

Se realizaron ensayos de oleaje en el modelo físico 2D, con el fin de evaluar el diseño de la sección del rompeolas de protección, mediante la determinación de la estabilidad de los elementos de la obra y de los niveles de sobrepaso por oleaje, para las condiciones de oleaje de diseño.

Se realizaron ensayos de oleaje en el modelo físico 3D considerando condiciones de oleaje operacional, con el fin de evaluar y optimizar las obras de abrigo, mediante la determinación de la agitación en el interior de la dársena, para el caso del proyecto base y para otras alternativas de diseño. Por otro lado, se analiza la influencia de las obras de abrigo en la ola el Rancio, ola característica del sector, utilizada por grupos que practican bodyboard.



Batimetría en el sector del estudio.

### Elementos innovadores del estudio

En el modelo 3D, se realizaron y registraron ensayos experimentales empleando trazadores, y luego mediante procesamiento de imágenes se determinaron los patrones y velocidades de flujo en la entrada a obra de protección, entorno al cabezo. A partir del análisis de estos resultados, se generaron propuestas de modificación del proyecto base que fueron construidas y estudiadas en el modelo a escala, las cuales finalmente optimizaron las condiciones de navegación en la zona de acceso a la caleta.

### Resultados y/o aporte

En primer término se verificó la estabilidad de los elementos de la coraza del proyecto base, para las distintas condiciones de oleaje de diseño ensayadas.

Se lograron propuestas de modificación del proyecto base de la obra de abrigo, que permitieron reducir los niveles de sobrepaso por oleaje; optimizar los coeficientes de agitación dentro de la dársena (3D) y mejorar las condiciones de navegación en la zona de acceso a la caleta.



Proceso de construcción del modelo físico.

## SISTEMAS COSTO-EFECTIVOS DE NUEVA GENERACIÓN PARA MONITOREO Y ALERTA EN LÍNEA DE EVENTOS HIDROGEOMORFOLÓGICOS EXTREMOS DE CRECIDAS Y ALUVIONES

Periodo de ejecución: 2021-2022

Mandante: Universidad de Aysén

### Desafío

Los impactos de los desastres naturales en la población e infraestructura son cada vez más severos a nivel mundial, principalmente debido a dos causas, la ocupación de territorios expuestos a peligros y por otra parte el cambio climático. Los costos por crecidas y aluviones, tanto en la respuesta inmediata como en la posterior reconstrucción, son muy altos. En Chile, se ha estimado que en promedio entre los años 1980-2011 las pérdidas económicas por desastres alcanzaron el 1.2% del PIB (CREDEN, 2016).

Por lo anterior, adquiere importancia la obtención de datos en tiempo real para la predicción de inundaciones, pues permite validar modelos hidráulicos y de escorrentía por lluvias, y entregar la información directamente a quienes se encarguen de monitorear y reducir daños por desastres naturales. Sin embargo, la capacidad de obtener datos durante eventos de gran magnitud o en sistemas que estén experimentando rápidos ajustes hidro-geomorfológicos se ve drásticamente reducida por las grandes cargas de sedimentos y rocas, que frecuentemente obstruyen los equipos de monitoreo convencionales y comprometen la integridad de los datos.

Así, es fundamental contar con sistemas de monitoreo de zonas de alto riesgo, que permitan integrar información de diferentes tipos de sensores y comunicarla adecuadamente a los tomadores de decisiones.

### Objetivo del Estudio

El objetivo principal del proyecto FONDEF es generar prototipos de sensores y plataformas de monitoreo y comunicación de datos que permitan por una parte entender mejor estos procesos hidro-geomorfológicos, así como aportar hacia alertas tempranas.

El objetivo específico de los estudios experimentales realizados por el INH consiste en la evaluación de los prototipos de estos sistemas de medición, mediante su implementación laboratorio para cuantificar su rango de operación y su respuesta ante distintas configuraciones, para diferentes condiciones ambientales, y para distintos escenarios de crecidas de flujo líquido y aluvional.



Ensayos.

## Desarrollo

El diseño experimental para condiciones de flujo en crecidas líquidas en modelos físicos en laboratorio INH considera los antecedentes de la hidrología de las cuencas en estudio, a partir de la cual se determina el régimen de flujo predominante, y la rugosidad característica del lecho.

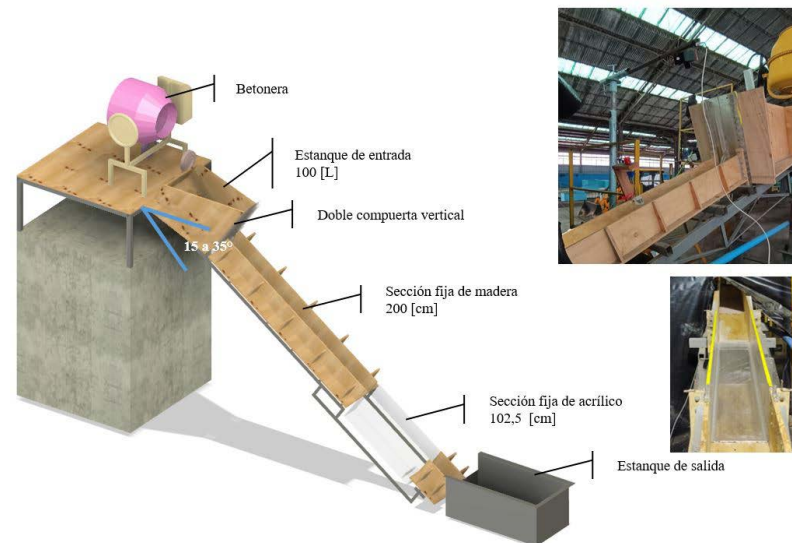
Posteriormente, se realizan distintos ensayos experimentales para analizar el funcionamiento de los sensores, para distintas turbiedades del agua y condiciones de luminosidad.

## Elementos innovadores del estudio

Se desarrolla internamente un sistema de medición y adquisición de datos de luminosidad y temperatura, con el fin de caracterizar diversas condiciones ambientales en el laboratorio.

## Resultados y/o aporte

Se logra caracterizar la respuesta de los prototipos de medición para diversas configuraciones y condiciones ambientales de experimentación en laboratorio, y además determinar la incertidumbre asociada a la realización de dichas mediciones para condiciones de flujo líquido y para flujo aluvional.



Instalacion experimental de canal aluvional.

## ASESORÍA, MEDICIONES EN TERRENO Y DISEÑO HIDRÁULICO PARA OBRAS DE AFORO EN LAGUNA JACHUCOPOSA

## CONSULTING, FIELD MEASUREMENTS AND HYDRAULIC DESIGN FOR FLOW MEASURING WORKS IN JACHUCOPOSA LAGOON

Periodo de ejecución: 2022-2023

Mandante: COMPAÑÍA MINERA DOÑA INÉS  
DE COLLAHUASI (CMDICI)

Localización: Iquique, Región de Tarapacá

### Desafío

Los estándares asociados al cumplimiento de la normativa ambiental en Chile por parte de la actividad minera, requieren de una alta precisión y trazabilidad en la medición de flujo de agua, en particular, en la descarga a cuerpos de agua protegidos. Para ello, resulta fundamental el diseño de obras de control hidráulico, el desarrollo de metodologías de medición de caudales y la selección de la tecnología de medición apropiada, basados en una comprensión acabada del comportamiento hidráulico del flujo, y atendiendo a las condiciones particulares de cada localidad.

### Objetivo del Estudio

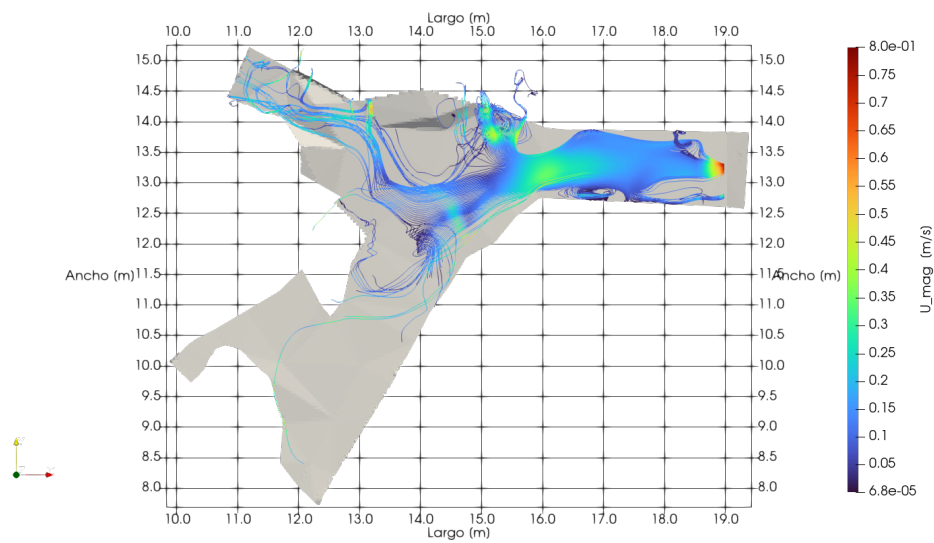
La asesoría tiene 2 objetivos específicos claros. En la primera etapa, realizar la verificación de las obras, procedimientos y tecnologías de medición de caudal en la descarga de agua hacia la Laguna Jachucoposa. En una segunda etapa, se busca proponer recomendaciones de obras y/u optimizaciones del sistema de aforo existente.

### Desarrollo

La metodología de estudio incluyó la realización de inspecciones técnicas en terreno, mediciones de campo de topobatimetría y caudal, simulaciones numéricas del escurrimiento en las obras de control hidráulico empleando modelos bidimensionales y tridimensionales, y la experimentación física en el laboratorio INH.



Modelo físico.



Representación de líneas de flujo en canaleta grande. Corresponden a un promedio temporal del campo de velocidades.

### Elementos innovadores del estudio

Un resultado innovador es la aplicación de herramientas de modelación numérica avanzada al caso de estudio, que permitió una comprensión acabada del comportamiento del flujo en 3 dimensiones, lo cual facilitó la toma de decisiones respecto de las mejoras a implementar en el sistema actual de medición de caudales.

### Resultados y/o aporte

Se logra el principal objetivo de la asesoría, generando las recomendaciones de alternativas complementarias a las obras de control hidráulico existentes en la descarga a la Laguna Jachucoposa, y asimismo una propuesta de actualización y optimización de los procedimientos de aforo aplicados actualmente por la compañía minera.

# **DESAFÍOS 2024-2025**





## Desafíos 2024- 2025

Los eventos climáticos ocurridos durante el invierno de 2023, que afectaron en forma importante a una parte del país, nos hacen preguntarnos si los criterios con que actualmente diseñamos las obras hidráulicas deben ser reevaluados, considerando aspectos asociados a la adaptación al **cambio climático y la resiliencia de las obras**.

Desde el punto de vista técnico, estos aspectos presentan grandes desafíos para los próximos años, especialmente en la definición de nuevos criterios relacionados, y a su vez, aplicables a los estudios y proyectos desarrollados por el INH, especialmente en áreas como la **hidrología, la modelación matemática y física, así como en la definición de la infraestructura más adecuada para la protección frente a eventos extraordinarios en sectores costeros y fluviales, urbanos y rurales**. El cambio climático ha sido abordado por el INH desde hace algunos años, sin embargo es un tema en constante evolución y redefinición.

No tan solo los aspectos técnicos son un constante desafío a enfrentar. Durante los años 2024 – 2025 nos hemos propuesto actualizar nuestra misión y visión, aplicando además una **planificación estratégica** con el objetivo de **posicionarnos internacionalmente como institución pública especializada en temas hidráulicos y de investigación aplicada**, lo que nos permitirá en los próximos años destacarnos a nivel latinoamericano como un instituto de excelencia, abriendo nuestros horizontes de desarrollo más allá de nuestra cordillera de los Andes.

El contexto internacional, por otra parte, nos exige a mejorar nuestra actual infraestructura y equipamientos. El año 2024 será de definiciones en cuanto al crecimiento del instituto, llevando nuestra infraestructura operativa y de administración al siglo XXI.



Ensayos en canal bidimensional de olas.

Otra línea de trabajo será seguir desarrollando nuestro capital humano, acorde con los desafíos futuros. El INH cuenta con **redes nacionales e internacionales** y por ende convenios de colaboración, en particular con importantes laboratorios e instituciones a nivel internacional. Por lo anterior, buscamos concretar un programa de **pasantías internacionales**, que permita el intercambio no tan solo científico, sino también poder compararnos y **crecer con estándares internacionales**.

Lo anterior, redundará en **un mejor servicio para nuestros clientes**. Las instituciones públicas, como las **direcciones operativas del MOP, así como los clientes privados, percibirán los beneficios de contar con un instituto moderno y acorde a las necesidades futuras**. Las encuestas de satisfacción, hoy tienen un rol importante en el mejoramiento continuo del instituto, ya que valoramos de sobremanera conocer la recepción de nuestro trabajo, por lo que tenemos la convicción de que en el futuro serán reflejarán nuestro crecimiento y desarrollo.



Puente Allipén, región de la Araucanía.

## Comité editorial

Emilio Torres Valdebenito  
Germán Wolf Sepúlveda  
Rodrigo Herrera Hernández  
Camila Osorio Nilo  
Verónica Meneses Fredes

## Diagramación y diseño

Missael Godoy Jara

En este reporte ha colaborado todo el equipo del INH.  
Todo el contenido, fotos y material gráfico es propiedad de INH.  
Agosto, 2024.

## Contacto

Dirección Ejecutiva  
56 227824102

Calibraciones  
56 227824143

Aforos, batimetrías y topografías  
56 227824130

Estudios Hidráulicos Fluviales y Costeros  
56 227824125

[www.inh.cl](http://www.inh.cl)



# Reporte Técnico 2022-2023

## Instituto Nacional de Hidráulica

