

REPORTE TÉCNICO 2018-2019

INSTITUTO NACIONAL
DE HIDRÁULICA



Instituto
Nacional de
Hidráulica

Ministerio de Obras
Públicas

Gobierno de Chile





REPORTE TÉCNICO 2018-2019

Imagen portada: Embalse Ancoa, Región del Maule

- ♦ Ubicación: Latitud: 35,353° Sur. Longitud: 71,182° Oeste
- ♦ Capacidad: 78,5 millones m³
- ♦ Longitud de vertedero: 45 metros
- ♦ Caudal T=1000 años: 761 m³/s

ÍNDICE

4	Editorial
6	Información institucional
15	Hitos
21	Sello técnico
32	Estudios
	♦ Obras aluvionales en Quebrada de Macul
	♦ Estudio en modelo físico tridimensional para obras de abrigo en Playa Brava, Iquique
	♦ Modelado físico a escala reducida del Puerto de Gran Escala de San Antonio
	♦ Estudio de las solicitaciones hidrodinámicas en una jaula de cultivos de salmones en un canal de Aysén
	♦ Análisis de socavación en pilas
	♦ Evaluación hidrodinámica y transporte de sedimentos de la Bocatoma Independiente de Aguas Andinas
	♦ Modelo físico bidimensional rompeolas Puerto de Servicio Miramar, Nicaragua
	♦ Diagnóstico hidráulico de estaciones fluviométricas
	♦ Análisis de eventos de turbiedad alta en cuencas de los ríos Maipo y Aconcagua

Editorial

Entre 2018 y 2019 pasaron cosas extraordinarias en el Instituto Nacional de Hidráulica, las que dan cuenta del crecimiento de nuestra Institución y que se relaciona principalmente con tres aspectos: **personas, redes e instrumentación.**

En cuanto a las **personas** que conforman el INH, los últimos dos años el equipo de colaboradores se fortaleció, agrupado en dos grandes divisiones: Técnica y de Administración. Las áreas técnicas desarrollaron un nivel de especialización relevante, generado en gran parte gracias a la interacción con investigadores y profesionales de las redes conformadas en este período y por la participación en talleres, seminarios y charlas del ámbito hidráulico nacional e internacional, así como por los desafíos propios de los estudios que abordamos.

El crecimiento de los profesionales y técnicos consiguió que estuviéramos en los eventos nacionales e internacionales más importantes de la hidráulica, tales como el **38th IAHR World Congress en Panamá, donde presentamos un paper.**

A lo largo de nuestra historia, los colaboradores han sido lo más relevante de la Institución, especialmente en estos últimos años, lo que nos ha permitido enfrentar un amplio espectro de temáticas, relacionadas con aluviones, marejadas, puertos, puentes y embalses, con nuestras principales herramientas: modelación numérica y modelación física, obteniendo importantes resultados y valiosas recomendaciones.

Hemos alcanzado un buen nivel de expertos en hidráulica, apoyando los proyectos de infraestructura públicos y privados, con un amplio espectro de especialistas, hidrometría, oceanografía e hidrología, así como en mediciones de campo en medios marinos y fluviales.

Las **redes** que se conformaron y consolidaron en este período fueron claves para mantenernos al tanto del estado del arte en hidráulica marítima, fluvial y en la comprensión del comportamiento de los sedimentos en ambos ambientes, pues tenemos la convicción de que no debemos dejar fuera esta componente de ningún estudio o asesoría. Existe una relación permanente entre el agua y el sedimento.

Las alianzas con universidades y centros de investigación fueron fundamentales, así como con otros organismos del Estado. En todos los desafíos técnicos tuvimos colaboración de académicos expertos del país, con los cuales el trabajo en equipo permitió ampliar la visión técnica de la problemática en estudio.



Directora Karla González Novion

La creación de la **Red Nacional de Laboratorios de Hidráulica**, el 22 de marzo de 2018, Día Mundial del Agua, comenzó un camino colectivo de generación de conocimiento en hidráulica y sinergias entre las diez instituciones que conformamos esta red.

A esto agrego la presencia del Instituto en los más relevantes eventos técnicos de la hidráulica nacional, ya sea como expositor, miembro del comité organizador u organizador principal del evento respectivo. Estos eventos perfilan nuestro sello técnico, único en el país. Muestra de ello es la conmemoración del **Día Mundial del Agua** y el **Seminario Cambio Climático, un Desafío para la Infraestructura**, instancias de colaboración para la generación de conocimiento y de integración entre las instituciones del país que trabajan con esta disciplina.

En relación a la **instrumentación**, tenemos la profunda convicción de que la medición debe realizarse con técnicas adecuadas y dispositivos y equipos acordes a la problemática hidráulica que se requiere caracterizar. Lo que no se mide, no existe y si no tenemos una panorámica completa de los ensayos en los modelos físicos o en la naturaleza, no capturaremos el fenómeno y no será posible comprender en profundidad la problemática en estudio.

Hemos invertido más recursos y tiempo en instrumentación e incluso hemos comenzado a desarrollar dispositivos propios con especialistas externos, con la intención de crear instrumentos a la medida, que registren lo que como INH nos interesa, como por ejemplo, la socavación alrededor de la pila de un puente, que es preciso y urgente comprender en detalle. En la misma línea, **construimos un canal único en Latinoamérica para analizar el fenómeno de la socavación de pilas de puentes, que es la causa principal de colapso de esta infraestructura vial a nivel mundial.**

Como Institución estamos convencidos de que debemos avanzar con celeridad en investigaciones en esta temática y así ofrecer medidas que mitiguen este fenómeno e idealmente generar formulaciones chilenas y recomendaciones al diseño. Por ello, hemos conformado equipos de trabajo para la etapa de explotación de esta instalación experimental con las instituciones más vinculadas a los puentes del país.

Todo lo anterior, nos permitió desarrollar estudios de proyectos de ingeniería de gran magnitud y de nivel internacional, asociados con organismos de talla mundial en

hidráulica, tal como fue el **Estudio Hidráulico del Puerto Gran Escala (PGE) de San Antonio**, que desarrollamos con la consultora británica **HR Wallingford**.

Dimos respuesta técnica al complejo tema aluvional, creando un método propio para analizar el funcionamiento de las obras aluvionales en el caso específico de la Quebrada de Macul, un desafío técnico que nos parece estratégico continuar estudiando, ya que esta expresión de la naturaleza se despliega en casi todo el territorio nacional.

Nos reconocemos y nos reconocen, ya no somos los mismos, lo que se expresa en una capacidad técnica y profesional que nos permite hoy enfrentar los desafíos en hidráulica que el país tiene, con nuestros colaboradores y los socios técnicos de nuestras redes, así como instituciones nacionales e internacionales del rubro.

Terminamos el año 2019 más empoderados y conectados con el ecosistema humano de expertos en hidráulica. Así, se hace posible la tarea de enfrentar los desafíos del país y generar conocimiento que apoye la toma de decisiones en proyectos de infraestructura hidráulica y gestión hídrica, las que por el **cambio climático** estarán sometidas cada vez más a eventos más complejos y críticos.

Karla González Novion es ingeniera Civil Hidráulica de la Universidad de Chile, con una maestría en Hidrología del Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX), España, y diplomada en Habilidades Directivas de la Universidad Adolfo Ibáñez.

Comenzó su carrera profesional como ingeniera de estudios e investigadora por doce años, gran parte de esta etapa en el INH. Posteriormente, lideró equipos de trabajo con altos estándares como gerente técnico por ocho años en diversas consultoras internacionales, y como directora ejecutiva del INH los últimos cinco años.

Durante sus 25 años de experiencia laboral, ha trabajado en organismos públicos y privados, del área hidráulica y ambiental, con especial énfasis en el modelado numérico y físico en proyectos de ingeniería en Chile, Perú y España. Se ha desempeñado como asesora senior en proyectos hidráulicos de gran magnitud y de alta complejidad.

La conducción de equipos de trabajo multidisciplinario y la responsabilidad de la gestión técnica y financiera de los mismos han sido las principales tareas que ha tenido a su cargo en los últimos diez años de su carrera.

La visión estratégica y corporativa, el desarrollo profesional de los equipos de trabajo y los aspectos de comunicación institucional en que ha colaborado, han sido un aporte fundamental y un sello de su estilo de gestión, así como la conformación de redes de colaboración y desarrollo de eventos técnicos del ámbito hidráulico.

INFORMACIÓN INSTITUCIONAL

REPORTE TÉCNICO
2018-2019

Quiénes somos



Equipo del INH en las instalaciones de Peñaflor.

El Instituto Nacional de Hidráulica (INH), perteneciente al Ministerio de Obras Públicas (MOP), tiene entre sus roles dar apoyo técnico a todas las direcciones de dicha repartición que tienen vínculos con el agua y la infraestructura.

El INH es una corporación autónoma con personalidad jurídica de derecho público, con patrimonio propio y con plena capacidad para adquirir y ejercer derechos y contraer obligaciones. Está dirigido por un Consejo y la Directora Ejecutiva que depende de este.

Ubicado en Peñaflor, el Servicio desempeña sus funciones en el laboratorio de hidráulica, con instalaciones experimentales y de investigación, que permiten abordar problemáticas complejas asociadas al agua. Su equipo técnico, compuesto por investigadores, ingenieros, geomensores, técnicos y maestros especializados, desarrolla estudios hidráulicos avanzados para organismos públicos y privados.

El INH genera tres tipos de productos relativos al agua, infraestructura hidráulica y eventos extremos (cambio climático): estudios, iniciativas de investigación y generación de conocimiento.

Nuestra historia

Ante la necesidad de proyectar los puertos del país, en 1953 el MOP impulsó la construcción de un laboratorio, que estaría encargado de realizar 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.

En 1967 se creó formalmente el Instituto Nacional de Hidráulica de Chile como tal, con el fin de desarrollar investigación y estudios en materias hídricas y de mecánica de fluidos.

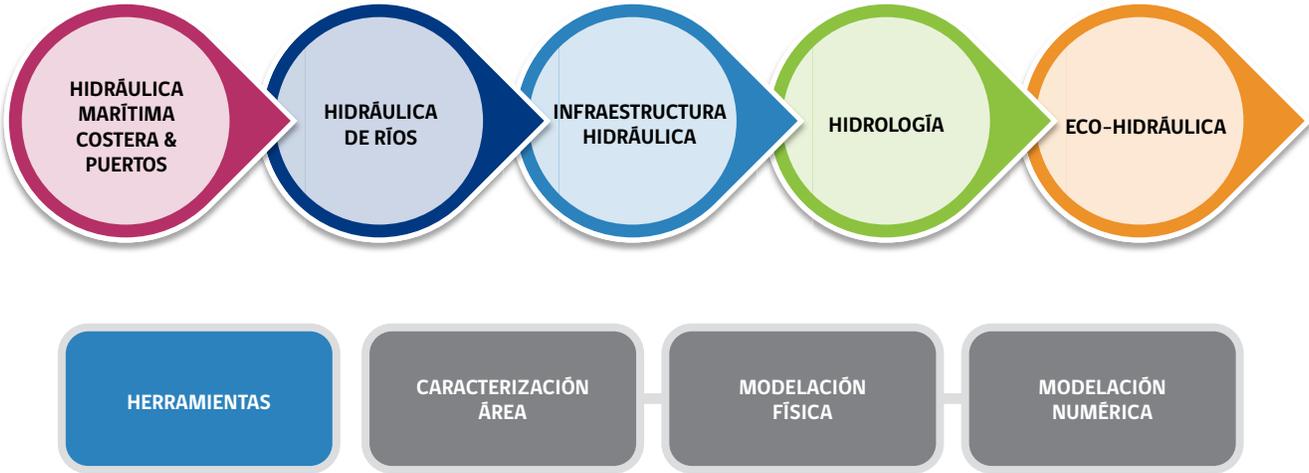
Entre 1980 y 2017, se fue incorporando infraestructura y equipamiento propios de laboratorios de hidráulica a nivel mundial, tales como: canal de calibración de molinetes, canal bidimensional de olas, banco de prueba de bombas y canal de socavación de pilas, entre otros, lo que nos ha permitido ofrecer una amplia gama de servicios. Adicionalmente, el organismo ha actualizado y mejorado sus instalaciones, instrumentos de medición, equipamiento computacional y software especializado.

Con el objetivo de definir el rumbo del servicio para los próximos años, en 2017 se elaboró el Plan de Desarrollo Estratégico en el que participaron los integrantes del INH, clientes y otros actores interesados, el que constituye actualmente nuestra carta de navegación.

Misión y visión del INH

<p>MISIÓN</p> <p>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.</p>	<p>VISIÓN</p> <p>Nuestra visión es ser para el 2025 un instituto de excelencia en Hidráulica Aplicada a nivel latinoamericano.</p>
---	--

Áreas técnicas



Consejo

El Consejo INH tiene entre sus funciones, en conjunto con la Directora Ejecutiva, definir los lineamientos del actuar del Instituto, velar por la marcha correcta de sus servicios, aprobar los planes de trabajo y las inversiones correspondientes propuestas por la Dirección.

Este órgano está conformado por los siguientes consejeros:

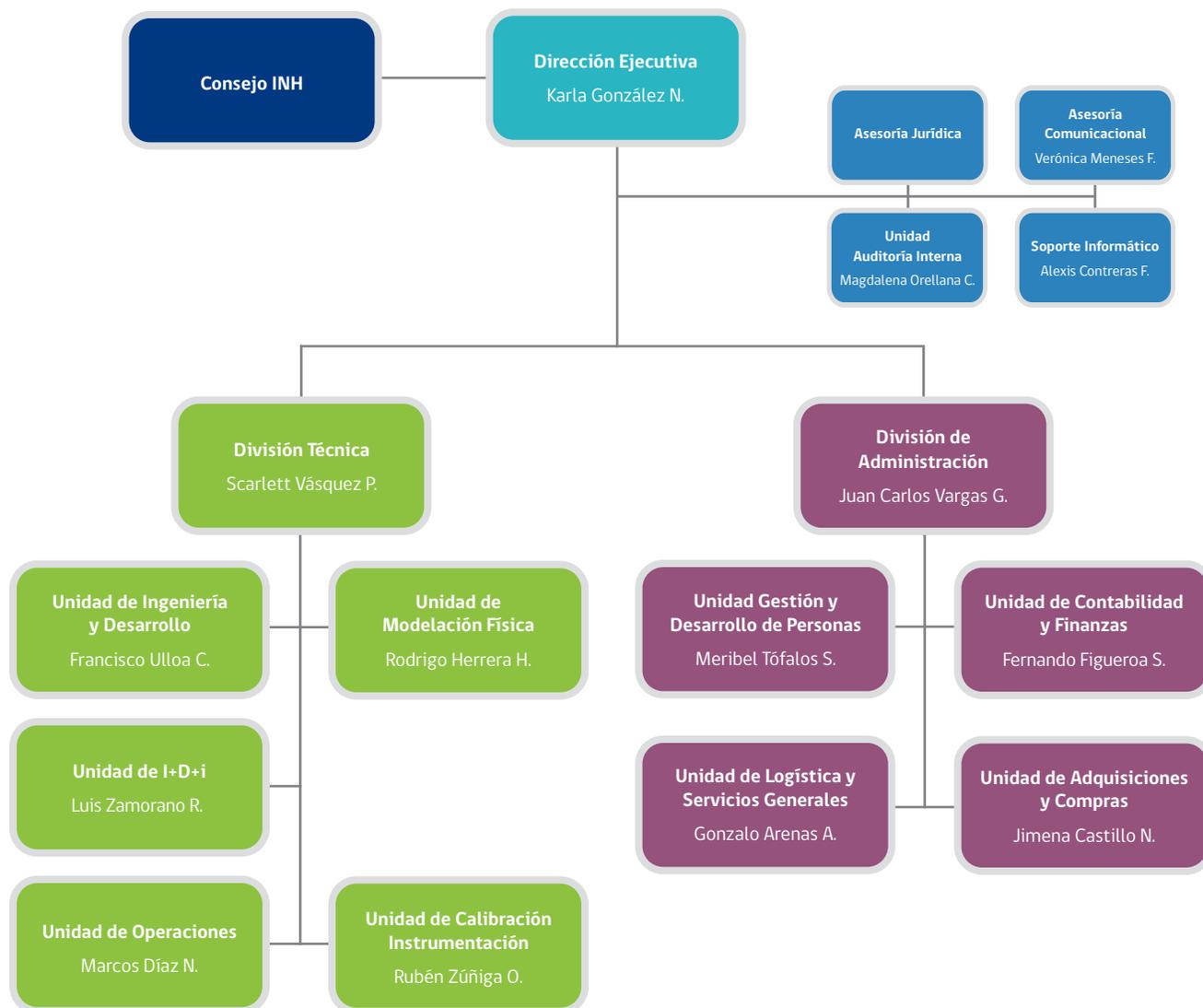
- a. Director (a) General de Obras Públicas y Presidente del Consejo.
- b. Director (a) de Obras Hidráulicas.
- c. Superintendente de Servicios Sanitarios.
- d. Director (a) de Obras Portuarias.
- e. Representante de la Corporación de Fomento de la Producción (Corfo).
- f. Representante del Presidente de la República, vinculado con la docencia universitaria.

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 y lograr estudios y productos de excelencia.

Organigrama equipo INH



Equipo INH



Directivos



Unidad de Modelación Física



Unidad de Ingeniería y Desarrollo



Unidad de Auditoría Interna



Unidad de I+D+i



Unidad de Operaciones



Unidad de Contabilidad y Finanzas



Unidad de Gestión y Desarrollo de Personas



Soporte Informático



Unidad de Logística y Servicios Generales



Unidad de Calibraciones e Instrumentación



Unidad de Adquisiciones

Entrevista

“Buenos estudios y obras resilientes llevan a evitar pérdidas humanas y económicas”



Scarlett Vásquez Paulus es ingeniera Civil Hidráulica de la Universidad de Chile y Master of Science en Hidráulica e Hidrología del Institut National Polytechnique de Grenoble, Francia. Con 20 años de experiencia tanto en Chile como en el extranjero, inició su carrera profesional en el Ministerio de Obras Públicas, donde trabajó casi tres años, para luego pasar al sector privado, ejerciendo en Arrau Ingeniería E.I.R.L, AMBAR S.A., WorleyParsons Canada, Amphos 21 Consulting S.L. e ICASS Ltda. En diciembre de 2016 ingresó al Instituto Nacional de Hidráulica como jefa de la División Técnica.

¿Cómo ha sido tu trabajo acá?

Ha sido muy desafiante y entretenido a la vez. **He intentado agregar valor a las dinámicas ya existentes, donde trabaja gente que cumple distintos roles, y sin los cuales no se hace posible la concreción de los estudios.** La labor de los ingenieros que plasman en un informe los resultados y conclusiones de trabajos muy complejos depende de la participación de los funcionarios que construyen modelos físicos, los profesionales

técnicos que realizan las mediciones de terreno, de los dibujantes, de los instrumentistas que nos aseguran que los equipos de medición funcionan correctamente y del apoyo administrativo que es muy importante en una institución como la nuestra.

¿Qué relevancia para el país crees que tienen los estudios que hace el INH?

El INH tiene las capacidades tecnológicas y humanas para abordar problemas que presentan importantes desafíos para el país. Temas complejos, como por ejemplo, el cambio climático demandan **ópticas más integrales** que permitan otorgar respuestas más adecuadas.

La posibilidad de hacer modelación física y trabajar con los últimos avances en modelación numérica, permite **analizar los problemas de manera más profunda** que lo que se hace convencionalmente en consultoría. Además, el INH está presente en circuitos científicos tanto en Chile como en el extranjero, permitiéndonos estar al día acerca de los últimos avances, los que podemos ir incorporando en nuestros estudios, y a su vez generar alianzas para trabajar conjuntamente.

¿Qué rescatas de trabajar acá versus la experiencia que podrías tener en el mundo privado?

Estuve muchos años trabajando en el mundo privado. Ahí trabajé distintos temas, fue bastante interesante también, pero siempre estaba esta óptica más acotada y funcional de los proyectos, donde se abordaba en su contexto específico. Acá en el Instituto está la posibilidad de tener una mirada más amplia. Muchas veces los trabajos que se hacen aquí en el INH, están asociados a proyectos que son muy relevantes, por ejemplo

aquellos que encarga el Ministerio de Obras Públicas, en los que tienes la posibilidad de participar de la definición de la infraestructura pública.

¿Qué ha sido lo más desafiante de trabajar en el Instituto?

Es desafiante conjugar los distintos tipos de actividades que se hacen aquí. Tienes que mostrar al Instituto y sus capacidades hacia el público general, en seminarios y en instancias de representación. Por otro lado, encontrar los espacios también para generar investigación, con recursos que siempre son escasos; encontrar dentro de los proyectos que se están desarrollando, aquellos espacios donde se puedan extraer otros conocimientos y aprendizajes para agregar valor a lo que se planteó al principio como objetivo. Normalmente **los proyectos terminan entregando mucho más** que aquello de lo que se planteó al principio.

¿Cómo ves al Instituto en los próximos años?

Deseo que la Institución vaya madurando, en el sentido de que vayamos profesionalizando todo nuestro quehacer, tanto en lo técnico como en el trabajo en equipo, de tal manera de generar nuevas posibilidades, por ejemplo, de financiamiento o investigación. Este Instituto es un lugar donde está la posibilidad de hacer lo que es un sueño para cualquier hidráulico, con todo a disposición, trabajar en laboratorio es muy motivante. Y por otro lado, deseo que esta madurez se traduzca en que definitivamente podamos cumplir nuestra visión que es ser un laboratorio de excelencia a nivel latinoamericano, lo que va de la mano con que la gente esté empoderada y comprometida.

Entrevista

“El INH me ha permitido ver la hidráulica desde distintos puntos de vista y problemas que afectan al país”



Luego de titularse como ingeniero Civil de la Universidad Católica de la Santísima Concepción (UCSC), Francisco Ulloa Castillo, trabajó en el Centro de Investigación Marítimo Portuaria (CIMP) de la UCSC y posteriormente en la Oficina Técnica en la Reconstrucción de la Caleda de Pelluhue, proyecto financiado por Minera Los Pelambres, luego del tsunami de 2010. En 2011, una vez terminada dicha tarea, a través de un proyecto Corfo ingresó al Instituto Nacional de Hidráulica, donde actualmente se desempeña como jefe de la Unidad de Ingeniería y Desarrollo.

¿Cuándo llegaste al INH y cómo ha sido tu trabajo en la institución?

Llegué por un proyecto Corfo. En él se elaboró una metodología para el análisis de estuarios desde el punto de vista hidráulico. Para los casos de Constitución, Lebu y Tirúa, donde participé en trabajos de campo para registrar los datos que posteriormente utilizamos en la modelación numérica de los tres estuarios.

Durante mi permanencia en el INH he desarrollado proyectos de

modelación física, numérica y trabajos de terreno, participando en estudios marítimos, fluviales y de lahares. En ese sentido, el INH me ha permitido ver la hidráulica desde distintos puntos de vista y problemas que afectan al país.

¿Qué relevancia para el país crees que tienen los estudios que se desarrollan en el INH?

Es muy relevante, ya que el INH cuenta con infraestructura única en el país que nos permite desarrollar proyectos, como modelaciones físicas en el canal de olas bidimensional, que de no ser estudiados acá, tendrían que ser estudiados en el extranjero. Por ejemplo, el estudio de las defensas costeras de Avenida Perú y Juan de Saavedra en la Región de Valparaíso, el estudio de estabilidad y sobrepaso a escala reducida de un tramo de la obra de abrigo del proyecto Puerto Gran Escala San Antonio, al cual fuimos invitados a participar por HR Wallingford.

¿Qué rescatas de trabajar acá versus la experiencia que se puede adquirir en el mundo privado?

La empresa privada busca muchas veces atender problemas recurrentes, lo que hace que las actividades se vuelvan un tanto repetitivas. La capacidad en infraestructura y capital humano del INH permite desarrollar modelación física, numérica, registrar datos de campo con nuestros propios equipos y tener el espacio para poder investigar temas de interés, lo que nos da una autonomía única, facilitando el desarrollo en distintos ámbitos de la hidráulica.

¿Qué ha sido lo más desafiante de tu trabajo en el INH?

Por un lado, creo que asumir una jefatura es desafiante, porque en la

práctica, guiar personas y grupos, de acuerdo a intereses institucionales y cumplir con todo lo que significa ser funcionario público, ha sido una gran experiencia. Por otra parte, en relación a los estudios, hace un par de años se me asignó dar término al estudio “Construcción Mitigación Riesgos Volcánicos y Geológicos Asociados, Comuna de Villarrica, Pucón y Curarrehue, Región de la Araucanía - Etapa de Prefactibilidad”, después de cuatro años y medio de trabajo realizado por el equipo del INH, empresas externas y donde estaban involucradas municipalidades, direcciones regionales y la comunidad. Fue un proyecto muy grande y multidisciplinario que en lo técnico nos hizo coordinar trabajos de topografía, mediciones hidráulicas, glaciología, geología, fotogrametría, modelación numérica e instancias de participación ciudadana.

¿Cómo ha aportado tu trabajo en el INH a tu desarrollo profesional?

La posibilidad de desarrollar proyectos, investigar e implementar nuestros desarrollos, me permite estar en contacto con nuevas técnicas utilizadas en otros laboratorios, universidades o empresas, por lo que en lo profesional me permite estar en un aprendizaje constante.

¿Cómo te ves en los próximos años y cómo ves a la Institución?

Me veo en el INH. Cada proyecto presenta un desafío distinto, ya sea por tiempo, técnica o de manera administrativa. Con el capital humano que tiene hoy, el INH seguirá creciendo y fortaleciendo su nombre dentro del Ministerio de Obras Públicas, el mundo privado y académico.

Principales instalaciones

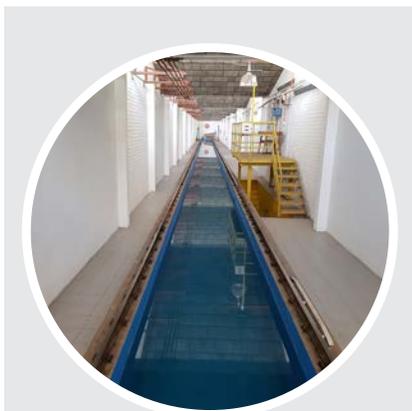


Vista exterior Galpón Juan Carlos Huerta.



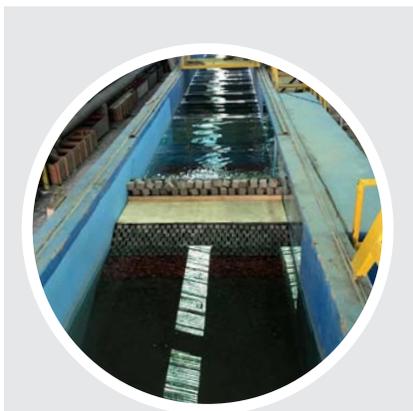
Vista interior Galpón Juan Carlos Huerta.

- ◆ Instalaciones del laboratorio de hidráulica de Peñaflo: 64.000 m², a 37 kilómetros de Santiago. Latitud: 33,601° Sur. Longitud: 70,896° Oeste.
- ◆ Galpón Juan Carlos Huerta: 5.000 m² y galpón 2: 2.045 m².
- ◆ Banco de bomba de pruebas: 1.050 m².
- ◆ Taller en construcción para maestranza, albañilería, carpintería y electrónica: 520 m².
- ◆ Oficinas en Peñaflo: 850 m².
- ◆ Oficinas en Santiago: 200 m².



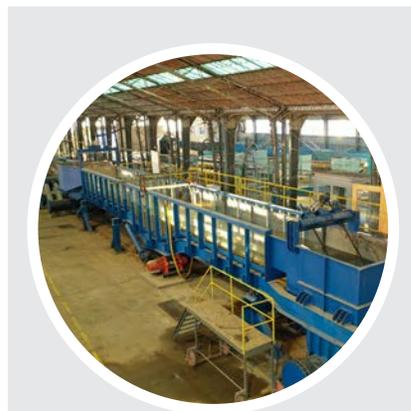
Canal de calibración

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



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 experimental de socavación en pilas

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

HITOS

REPORTE TÉCNICO
2018-2019

Hitos 2018

ENERO

- ➔ **Inicio del estudio internacional Puerto Gran Escala (PGE) de San Antonio**

MARZO

- ➔ **Mes de la Mujer**
En el marco del Mes de la Mujer, el INH transmitió la experiencia femenina en el mundo profesional a un grupo de alumnas del Liceo de Peñaflores, con el propósito de dar un pequeño paso para acortar la brecha de mujeres en la ciencia.
- ➔ **Celebración del Día Mundial del Agua en el INH**
Con la presencia de autoridades de gobierno, académicos y expertos del mundo hidráulico se inauguró el canal de socavación de pilas y se mostró el modelo físico de Flujos Aluvionales de la Quebrada de Macul. Ambas instalaciones experimentales son únicas en Chile y Latinoamérica.
- ➔ **Lanzamiento de la Red Nacional de Laboratorios**
El INH dio marcha a la primera Red Nacional de Laboratorios de Hidráulica, en la que participan especialistas de la Universidad de Chile, Universidad Católica, Universidad de Concepción, Universidad Técnica Federico Santa María, Universidad de Valparaíso, Universidad Austral, Universidad Católica de Valparaíso, Universidad de Magallanes, Universidad Federico Santa María y Universidad Católica de la Santísima Concepción. La red es coordinada y representada por el INH.

MAYO

- ➔ **Visita del Subsecretario de Transportes al INH**
El Subsecretario de Transportes, José Luis Domínguez, visitó el Laboratorio del Instituto Nacional de Hidráulica (INH). La autoridad llegó acompañada de Alexis Michea, jefe del Programa de Desarrollo Logístico del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, con la finalidad de conocer el quehacer del Instituto.
- ➔ **Actividades del Día del Patrimonio**
En el marco del Día del Patrimonio Cultural, el Instituto recibió a más de 550 niños, adolescentes y adultos mayores que visitaron sus instalaciones para conocer el quehacer del INH. Además se mostraron los modelos físicos Evacuador de Crecidas del Embalse Ancoa, Red Dragon y por último, el Parque La Aguada (PLA), primer modelo.

JUNIO

- ➔ **Visita de especialistas de consultoras hidráulicas al INH para conocer el modelo físico aluvional**
Una comitiva de 30 ingenieros pertenecientes a seis destacadas consultoras JRI Ingeniería, Conic-BF Ingenieros Civiles Consultores, E&C Ingeniería, Arcadis Chile, Arrau Ingeniería y Prisma Ingeniería, además de expertos de la Dirección de Obras Hidráulicas (DOH) y de la Universidad de Chile, visitaron el laboratorio de hidráulica del INH, con el propósito de conocer en vivo un ensayo del Modelo Aluvional Obras Quebrada de Macul.

JULIO

- ➔ **Delegación de científicos chinos visitó el INH**
Una veintena de científicos y académicos de universidades y centros de investigación de China, además de miembros de la National Natural Science Foundation of China (NSFC), visitaron el INH, en el marco del encuentro **Chile-China Workshop on Water Resources Management in China and Chile**, organizado por la Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica (Conicyt).
- ➔ **Funcionarios públicos de Latinoamérica y del Caribe visitaron el INH**
Una comitiva de 21 profesionales de ministerios de obras públicas o similares de Argentina, Colombia, Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras, México, Nicaragua y República Dominicana, visitaron el INH en el marco del **IV Curso Internacional Criterios de Diseño Sísmico en Estructura de Puentes**, impartido por el MOP y financiado por la entidad chilena-japonesa Kizuna.

AGOSTO

- ➔ **Gobernación Marítima de San Antonio visitó el laboratorio de hidráulica del INH**

SEPTIEMBRE

- Presidente de Empresa Portuaria (EPSA) San Antonio visitó el INH**
- ➔ Una delegación de EPSA encabezada por el presidente del Directorio, Francisco Silva, visitó el laboratorio de hidráulica del INH con el objetivo de presenciar los ensayos en el canal de olas del estudio del Puerto Gran Escala del Puerto de San Antonio.

Hitos 2018

- ➔ **Tres ponencias del INH en el XXVII Congreso Latinoamericano de Ingeniería Hidráulica**

- ➔ **Reunión de la Red de Institutos Nacionales Iberoamericanos de Ingeniería e Investigación Hidráulica (RINIHH) – Argentina**

Con presencia de varios institutos de hidráulica de Latinoamérica, se realizó la reunión de la RINIHH, con objeto de aprovechar las capacidades de las instituciones que lo componen y gestionar más emprendimientos conjuntos. Entre los organismos participantes estuvieron la Universidad de Córdoba e INA de Argentina, Cedex de España, LNH de Perú, Imfia de Uruguay, IAHR y el INH de Chile, liderando la reunión como organismo a cargo de la presidencia de la red latinoamericana.

- ➔ **Ponencia del INH en el 5th Hydralab Workshop – Italia**

Por primera vez, el INH presentó en un evento internacional de Hydralab, la red de laboratorios europeos más importante a nivel mundial, donde expuso sobre la realidad de nuestro país en materia de estudios hidráulicos asociados al cambio climático e investigaciones para mitigar el impacto de los aluviones.

OCTUBRE

- ➔ **Dos ponencias en las XV Jornadas de Hidráulica Francisco Javier Domínguez, organizadas por la Sociedad Chilena de Ingeniería Hidráulica (Sochid)**

NOVIEMBRE

- ➔ **Ponencia en Seminario Internacional de Ingeniería y Operación Portuaria – Talcahuano, Chile**

- ➔ **Representante de HR Wallingford visitó el INH**

- ➔ **Visita del Instituto Nacional de Normalización (INN) al INH**

El director del INN, Sergio Toro, junto a un equipo de expertos del organismo, visitó el INH para conversar sobre la visión y desafíos que ambas instituciones del Estado esperan alcanzar en los próximos años y abordar en conjunto los retos en materia de hidrometría e hidráulica que requieran instalar protocolos y estándares en el país.

DICIEMBRE

- ➔ **Finalización del estudio Puerto Gran Escala de San Antonio**



Representantes de laboratorios en el 5th Hydralab Workshop en Italia, con presencia de Scarlett Vásquez del INH.

Hitos 2019

ENERO

- ➔ **Visita de Neltume Ports al INH**
La compañía Neltume Ports, encabezada por Andrés Repetto subgerente de Ingeniería, visitó el INH. En la ocasión, profesionales del Instituto dieron una charla para referirse a su experiencia en puertos, y las herramientas de modelado físico y numérico que se utilizan, para finalizar con algunos ensayos demostrativos del Puerto de San Antonio y del canal bidimensional de olas.
- ➔ **Cierre del Programa de Inspectores Fiscales 2018 de la Academia de Obras Públicas del MOP**
- ➔ **INH realiza una visita técnica a Villa O'Higgins**
Tras reiteradas inundaciones provocadas por las crecidas del río Mosco en Villa O'Higgins en la Región de Aysén, el INH realizó una visita técnica a nivel de experto para conocer la situación y apoyar en las propuestas para mitigar los impactos de las inundaciones.

MARZO

- ➔ **Celebración del Día Mundial del Agua**
El evento contó con la presencia de la Directora General de Obras Públicas (DGOP), Mariana Concha; el secretario regional ministerial de Tarapacá, Patricio Altermatt y el académico de la Universidad de Valparaíso, Patricio Winckler, quienes visitaron el modelo físico de la Playa Artificial de Playa Brava, pudieron observar instrumentos y equipos de terreno, además del desarrollo de un dispositivo de medición de socavación y finalmente, una muestra de estudios e investigaciones hechas en el canal de calibraciones.
- ➔ **Reunión de la Red Nacional de Laboratorios de Hidráulica**

MAYO

- ➔ **Visita de un experto de la Universidad de Edimburgo al INH**
El doctor de la Universidad de Edimburgo y director del UK Center for Marine Energy Research, David Ingram, realizó una visita técnica al INH, ocasión en la que dictó una charla referida a algunos de los aspectos más relevantes en el desarrollo de dispositivos de energías marinas y las etapas fundamentales a efectuar para alcanzar un desarrollo correcto y con estándares adecuados.

AGOSTO

- ➔ **Funcionarios públicos de América Latina y el Caribe visitan el INH en el marco del proyecto Kizuna**

- ➔ **INH renueva la acreditación como laboratorio de calibraciones**

El INH es el único laboratorio de calibraciones en Chile acreditado en Flujo Líquido en canal abierto ante el Instituto Nacional de Normalización (INN). La acreditación tiene vigencia desde agosto de 2019 a agosto de 2024, según la norma NCh-ISO 17025.Of.2005.

SEPTIEMBRE

- ➔ **Participación del INH en el 38th IAHR World Congress - Panamá**
En el evento, organizado por la International Association for Hydro-Environment Engineering and Research (IAHR), el INH presentó un paper titulado **Comparison between physical and numerical models of the velocity measurement in the lateral channel of the Ancoa reservoir**, el cual expone los resultados de una investigación conjunta con académicos de la Universidad de Chile.

- ➔ **Reunión de la Red de Institutos Nacionales Iberoamericanos de Ingeniería e Investigación Hidráulica en Panamá RINIHH**

OCTUBRE

- ➔ **Seminario Cambio Climático, un desafío para la infraestructura**
En línea con la Conferencia de las Partes, COP25, el INH y la DGOP organizaron el seminario **Cambio Climático, un Desafío para la Infraestructura**. Al encuentro asistieron más de 235 personas, y tuvo por objetivo generar un espacio de conversación para abordar los desafíos que conlleva en relación con la infraestructura y su adaptabilidad.

NOVIEMBRE

- ➔ **Ponencia en Seminario Elementos de la Infraestructura de la Calidad para la Gestión Sostenible de Recursos Hídricos del INN**

DICIEMBRE

- ➔ **Experto de la International Commission on Large Dams (ICOLD), Martin Teal, visita el INH**
El ingeniero Martin Teal, quien además es miembro de la ICOLD aprovechó su estadía en Chile para conocer el laboratorio del Instituto y dar una charla sobre sus conocimientos en hidráulica y mecánica fluvial.
- ➔ **Cierre del Programa de Inspectores Fiscales 2019 de la Academia de Obras Públicas del MOP**

SEMINARIO CAMBIO CLIMÁTICO, UN DESAFÍO PARA LA INFRAESTRUCTURA



En línea con la Conferencia de las Partes, COP25, INH y DGOP organizaron un seminario, realizado el 3 de octubre de 2019, con el fin de crear un espacio de conversación para abordar los desafíos que conlleva en relación con la infraestructura y su adaptabilidad.



TEMÁTICAS

Charla Magistral: Nuestro clima cambiante, efecto cambio climático.

Módulo 1 El Cambio climático en la zona costera.	Módulo 2 Puentes - Conectividad y cambio climático.	Módulo 3 Actualización de criterios para enfrentar nuevos escenarios.	Módulo 4 El efecto del cambio climático en las obras sanitarias.
--	---	---	--

Expositores

**Réne Garreaud S.**

Profesor del Departamento de Geofísica de la Universidad de Chile y subdirector del Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia (CR²).

**Oscar Link L.**

Profesor titular del Departamento de Ingeniería Civil de la Universidad de Concepción.

**Patricio Winckler G.**

Profesor de la Escuela de Ingeniería Civil Oceánica de la Universidad de Valparaíso.

**Benjamín Carrión A.**

Ingeniero Senior de la Consultora PRDW.

**Pablo Mendoza Z.**

Profesor del Departamento de Ingeniería Civil de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile.

**Franco Ricchetti C.**

Ingeniero Civil del Departamento de Ingeniería Civil de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile.

**Tomás Echaveguren**

Profesor asociado del Departamento de Ingeniería Civil de la Universidad de Concepción e investigador del Centro de Investigación para la Gestión Integrada del Riesgo de Desastres (CIGIDEN).

**Jorge Gironás**

Profesor del Departamento de Ingeniería Hidráulica y Ambiental de la Pontificia Universidad Católica de Chile e investigador del Centro de Investigación para la Gestión Integrada del Riesgo de Desastres (CIGIDEN).

**Gabriel Zamorano**

Jefe de Estudios, Información y Normas de la Superintendencia de Servicios Sanitarios.

**Luis Zamorano R.**

Jefe Unidad de Investigación Desarrollo e Innovación del Instituto Nacional de Hidráulica.

**Rodrigo Herrera H.**

Jefe Unidad de Modelación Física del Instituto Nacional de Hidráulica.

**Felipe Negrete S.**

Ingeniero jefe de Proyectos del Instituto Nacional de Hidráulica.

**Paola Ramírez C.**

Geólogo del proyecto de la Región de Los Ríos del Servicio Nacional de Geología y Minería.

**Oscar Viera V.**

Jefe del Departamento de Planificación de Recursos Hídricos de ESVAl S.A.

**Simón Bruna G.**

Director de la División de Medio Ambiente de la Asociación Interamericana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental (AIDS) Capítulo Chileno.

SELLO TÉCNICO

REPORTE TÉCNICO
2018-2019

Áreas técnicas

TRABAJAMOS CON UN ENFOQUE SUSTENTABLE
 Un servicio integral desarrollado de manera transversal por las unidades técnicas del INH

OPERACIONES	CALIBRACIONES E INSTRUMENTACIÓN	INGENIERÍA Y DESARROLLO
Trabajos de campo	Acreditados por el INN	Gestión de estudios
 <p>Desarrollo de levantamientos topobatimétricos y mediciones de campo de variables hidráulicas tales como caudal, velocidad, corrientes, oleaje y mareas, así como de sedimentos en zonas marítimas o fluviales, a lo largo de todo Chile. Desarrollo de los modelos de terreno y planos de construcción de los modelos físicos.</p>	 <p>Calibración de instrumentos de medición de caudal en flujo abierto y ducto cerrado; y ensayos de pruebas de bomba, con instalaciones y equipamiento único en el país de los modelos físicos.</p>	 <p>Lidera técnica y administrativamente 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.</p>

MODELACIÓN FÍSICA	I+D+i
Construcción de modelos y ensayos	Investigación e Innovación
 <p>Construcción de modelos físicos a escala reducida en el laboratorio de hidráulica 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 diversos modelos, así como de las instalaciones experimentales existentes (canal de olas, de calibración, de socavación de pilas).</p>	 <p>Desarrollo de líneas investigativas y articulación de iniciativas de investigación de toda la Institución, así como con instituciones externas, universidades y centros tecnológicos para desarrollos conjuntos. Generación de procesos y métodos innovadores, así como desarrollo de nuevas y mejores herramientas a utilizar en estudios y asesorías hidráulicas.</p>

Herramientas

Modelos físicos

Un modelo físico corresponde a la representación a escala reducida (o reproducción en miniatura) de un sistema físico, 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 hidráulicas y máquinas hidráulicas.

Actualmente, es la herramienta de ingeniería más apropiada para verificar el diseño de obras complejas, donde los patrones de flujo son tridimensionales. Otro aspecto relevante de un modelo físico, es que brinda la posibilidad de medir o capturar variables hidráulicas críticas, en zonas a las cuales sería muy difícil o prácticamente imposible acceder y monitorear a escala real (de naturaleza).

El INH ha tenido un rol clave en Chile 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.



Parque la Aguada, Anfiteatro, Modelación física.

¿Por qué un modelo físico?

Por lo general la ingeniería presenta situaciones complejas y desafiantes debido a que muchas veces la naturaleza ofrece problemas en que la teoría existente no es suficiente para confrontar un fenómeno. Un ejemplo de esto son los flujos aluvionales, marejadas, socavaciones en los apoyos de los puentes (pilas), etc. Es por estas razones que la herramienta de la modelación física surge como una recurso fundamental a la hora de aclarar algunas respuestas.



Embalse Ancoa, evacuación de crecidas, Modelación física.

Herramientas

Modelos numéricos

Los modelos numéricos son una herramienta para evaluar y entender la dinámica de un medio natural (oceánico - costero, fluvial), simulando computacionalmente las ecuaciones que rigen la dinámica de la mecánica de fluidos, resolviéndolas con la ayuda de diferentes aproximaciones y esquemas numéricos.

El INH dispone de una plataforma computacional (clúster), herramientas y software, para abordar los estudios de modelación numérica, el cual, para ciertos modelos numéricos, disminuye alrededor de un 70% los tiempos en comparación a un computador de oficina. Algunos de los softwares más solicitados por los clientes son Iber, Mike21, Telemac, OpenFoam, Swan, Flo2D, Delft3D, CORMIX, entre otros.

El Instituto ha realizado una amplia cantidad de modelaciones numéricas, entre las cuales destacan Canal de Chacao (2D y 3D), Rompimiento de presas (2D), Embalse Ancoa (3D), Río Mapocho (2D), Flujos Laháricos Villarrica (2D), entre otros.

¿Por qué un modelo numérico?

Muchos problemas de ingeniería abarcan grandes extensiones de terreno, necesitan el análisis de variables en largos periodos de tiempo o requieren la evaluación de numerosas alternativas a implementar. Es aquí donde los modelos numéricos aparece como una alternativa rápida y robusta técnicamente.

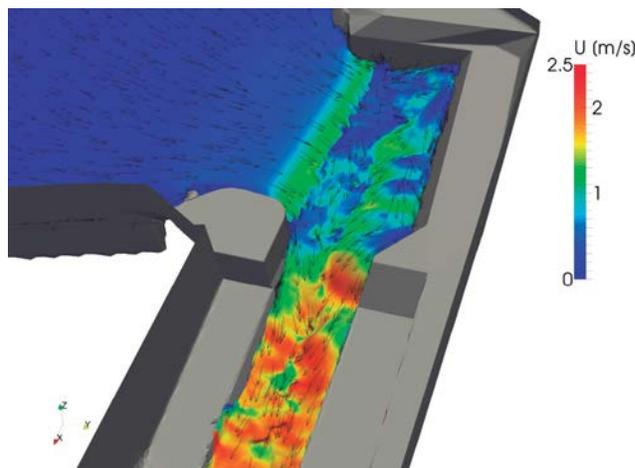
Sin la modelación numéricas se haría imposible realizar forecasting y hindcastind en diferentes áreas de la física, como por ejemplo oleaje, meteorología, cambio climático, etcétera, permitiendo tomar decisiones que en muchas ocasiones salvar vidas humanas.

Consideraciones

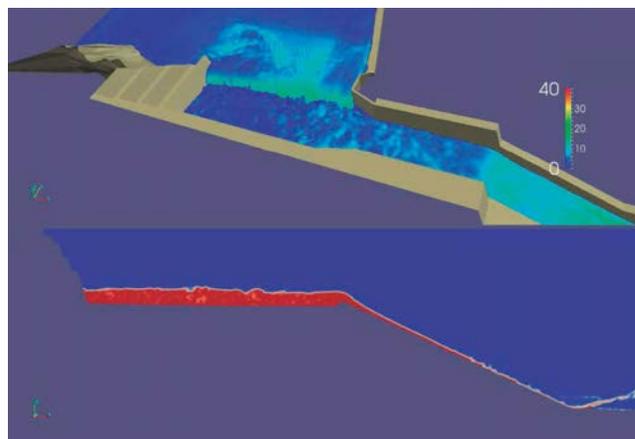
Es preciso tener claro el objetivo o la problemática a abordar, lo que permitirá tomar la decisión correcta al escoger un modelo en una, dos o tres dimensiones y por otra parte saber los antecedentes necesarios y mínimos para realizar la modelación.

La especificidad de la problemática repercute directamente en el tipo de modelo, mallado y en consecuencia en los tiempos de cómputo.

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.



Modelo numérico del vertedero lateral de Ancoa. El caudal corresponde al período de retorno de 1000 años ($Q = 761 \text{ m}^3/\text{s}$).



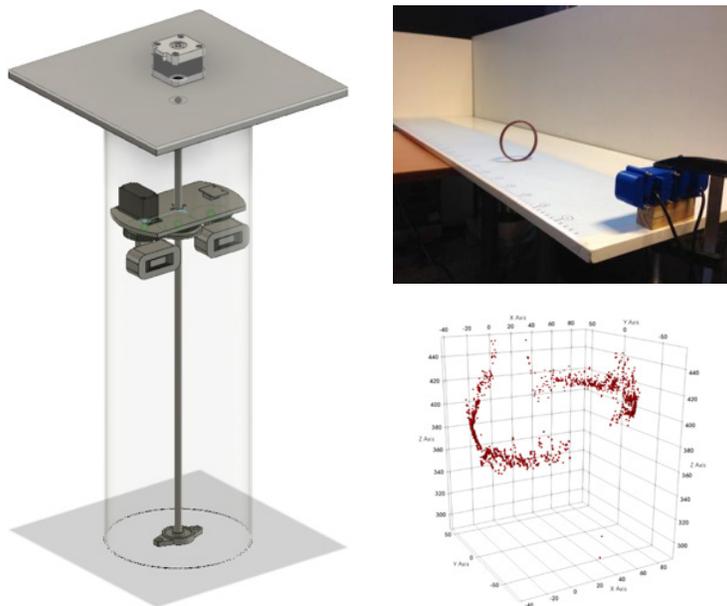
Embalse Chironta, Evacuación de crecidas, Modelado numérico Chirontas.

Principal equipamiento e instrumentación

Mediciones en modelación física

La medición de las variables hidráulicas como altura de escurrimiento, presión, fuerza o velocidad, resulta fundamental para lograr una descripción acabada y precisa de los modelos físicos, tanto para estudios costeros como fluviales. Un sistema de medición integral, incluye sensores que permiten transformar las variables hidráulicas de interés en señales eléctricas, que luego son recibidas y procesadas en sistemas de adquisición de datos, de donde finalmente se obtienen señales digitales, formato que puede ser post procesado en distintos software de ingeniería, logrando la visualización gráfica de los fenómenos hidráulicos.

El INH, que cuenta con sensores de precisión para la medición de estas variables, actualmente se enfoca en el desarrollo de sistemas de medición a partir de tecnologías comerciales para la adquisición de datos, tipo Arduino, implementando niveles de automatización que permiten controlar sincronizadamente el movimiento de los sensores y la lectura de datos. En particular, para el nuevo canal de socavación de pilas en INH, se trabaja en dos sistemas de medición que permitan representar la evolución temporal de la fosa local de socavación en torno a pilas en 3D. Uno de ellos es en base a visión estéreo utilizando, dos cámaras y otro en base a tecnología de escáner láser. Este último proyecto es desarrollado en conjunto al Laboratorio de Robótica del Departamento de Ingeniería Mecánica de la Universidad de Chile.



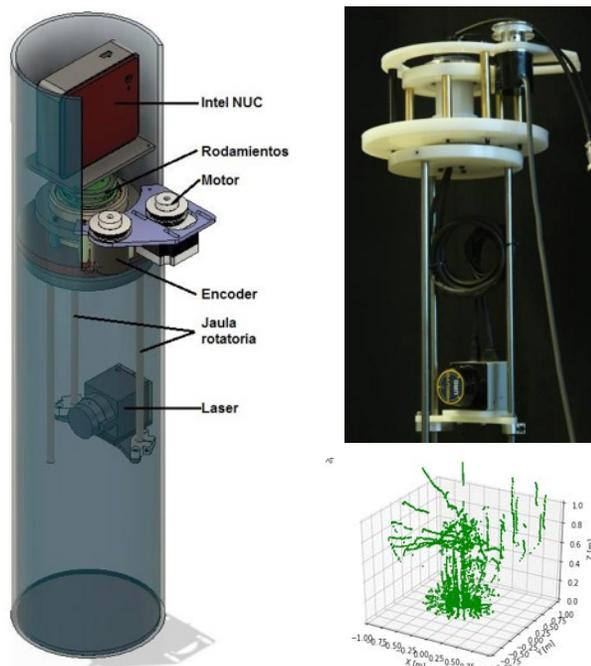
Diseño preliminar del sistema de medición con visión estéreo, pruebas de calibración aplicadas a objetos de tamaño conocido, y visualización gráfica del lecho móvil alrededor de la pila.

Sistema de medición visión estéreo

Este sistema contempla el procesamiento digital de imágenes basado en visión estéreo con la ayuda de un par de cámaras idénticas, que permite capturar imágenes de la fosa de socavación desde el interior de un cilindro de acrílico transparente, que representa una pila a escala reducida y posteriormente reconstruir en 3D la geometría de la fosa.

Incluye un sistema electromecánico que permite el deslizamiento vertical y la rotación de las cámaras respecto al eje central para la captura sincronizada de imágenes.

Principal equipamiento e instrumentación



Diseño y disposición de componentes del sistema de medición sensor láser Hokuyo en fase de diseño y montaje del sistema durante su construcción. Visualización tridimensional de un registro de prueba.

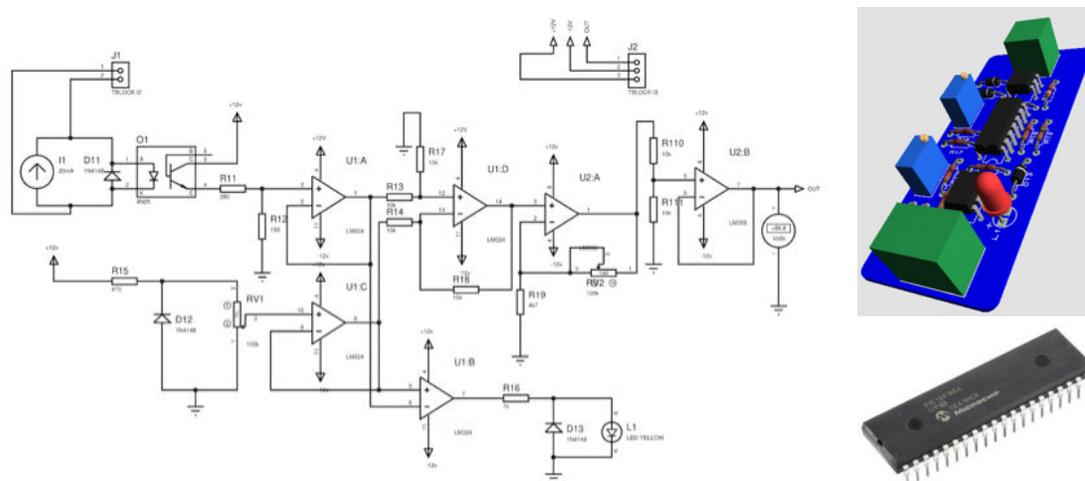
Sistema de medición sensor láser-Hokuyo

Sistema electromecánico de medición de la evolución temporal de la socavación local al pie de pilas en estudios experimentales. Su componente principal es un sensor láser Hokuyo URG-04LX, que genera una luz infrarroja, imperceptible al ojo humano. El láser es capaz de registrar distancias en un barrido bidimensional de 240° , con una resolución angular de 0.63° .

El sistema se posiciona dentro una pila de acrílico transparente, donde se implementa un mecanismo giratorio que permite la rotación y desplazamiento del sensor láser en conjunto a un sensor de posición angular (Encoder), con la finalidad de obtener registros tridimensionales de la superficie de la socavación en el tiempo.

La adquisición de datos se realiza mediante un computador Intel NUC y un conector giratorio que permite energizar el sistema y transmitir la información, que posteriormente es procesada utilizando la interacción de lenguajes de programación Python y ROS desde Linux.

El desafío actual de la Unidad de Modelación Física consiste en desarrollar sistemas de adquisición de datos abiertos o "cajas blancas", de bajo costo y factibles de configurar con capacidades internas, que permitan satisfacer las crecientes necesidades de medición de los proyectos que desarrolla el INH, para lo cual se trabaja en el diseño y fabricación de estos sistemas en base a la programación directa de microcontroladores y otros insumos electrónicos, permitiendo operar con varios tipos de transmisores de datos, incluso inalámbricos, además de lograr la comunicación sincronizada en el tiempo de dos o más adquirentes de datos, generando en última instancia sistemas de medición adaptables a los requerimientos específicos de cada modelo físico.



Simulación y diseño 3D de un circuito eléctrico convertidor de señales. Microcontrolador modelo PIC16F884 con 14 entradas analógicas para sensores.

Principal equipamiento e instrumentación

Calibraciones

El INH realiza ensayos y calibraciones acreditadas, asociados al funcionamiento de maquinarias hidráulicas utilizadas en la mayoría de las cadenas productivas de nuestro país, así como también, en las maquinarias 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 y válidos nacional e internacionalmente. Cuenta principalmente con tres áreas de trabajo: calibración en canal abierto, calibración en ducto cerrado y ensayo de bombas centrífugas.

Cabe destacar que el INH es el único laboratorio en Chile acreditado en Flujo Líquido en canal abierto ante el Instituto Nacional de Normalización (INN). La acreditación tiene vigencia hasta 2024.



Banco de ensayos de bombas centrífugas horizontales.

Operaciones

El Instituto 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 que ejecuta, así como también la obtención de resultados en los diversos ensayos asociados a la ejecución de los proyectos que elabora. El INH cuenta con profesionales y equipamiento tecnológico para adquirir datos en el ámbito de la geodesia, topografía, aerofotogrametría, hidrografía y oceanografía.

El rápido avance de la ciencia y tecnología ha requerido de una continua actualización en el instrumental utilizado así como la capacitación del personal encargado de la adquisición de estos datos y su proceso, lo que redundará en una gran disminución en los tiempos de ejecución de los trabajos, mayor calidad en los resultados y capacidades operativas del INH.



Ecosonda odom echotrac CV-100

Determina la profundidad del mar, lagos o ríos y registra las características del fondo a partir de la porción de energía acústica reflejada por el mismo.



Escáner láser Topcon GLS 1500

Permite trabajar el campo, detallando el terreno en tres dimensiones con precisión y rapidez, a partir de una muestra a 30.000 puntos por segundo.



Estación total Trimble S5

Instrumento electro-óptico, utilizado en terreno para la recolección de datos (topografía) y la construcción de modelos físicos (laboratorio). Permite la realización de redes, levantamientos topográficos, replanteos y nivelaciones trigonométricas.

Principal equipamiento e instrumentación



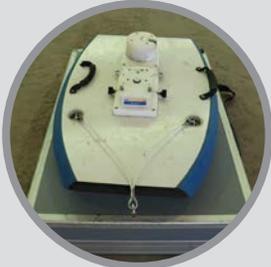
GNSS doble frecuencia (sistema global de navegación por satélite)

Permite dar posicionamiento a través de constelaciones satelitales. A partir de la metodología se realizan redes geodésicas (estática) o bien levantamientos topográficos (cinemática).



Mavic 2 Pro

Equipo empleado en terreno para realizar vuelos de reconocimiento y levantamientos aéreos no tripulados de precisión.



RiverSurveyor SonTek M9

Es un sistema Perfilador Doppler Acústico (ADP por su sigla en inglés), diseñado para medir el caudal de los ríos, las corrientes de agua en tres dimensiones, calados y la batimetría de una embarcación en movimiento o parada.



UAS Trimble UX5

Equipo empleado en terreno para realizar levantamientos aéreos no tripulados de alta precisión y nivel profesional.



Boya Triaxys

Es un instrumento utilizado para obtener mediciones in-situ del oleaje direccional (densidad espectral del oleaje) con una alta precisión. La boya incorpora tecnologías que la convierten en una herramienta de fácil utilización, robusta y económica.



Acoustic Doppler Current Profiler (ADCP)

Es un instrumento que permite medir la velocidad y dirección de las corrientes marinas y el patrón de circulación en la columna de agua sobre un punto determinado.



Redes y alianzas

Representantes de organismos miembros de la Red Nacional de Laboratorios de Hidráulica.

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

Nacional

- ♦ Presidencia y coordinación de la Red Nacional de Laboratorios de Hidráulica.
- ♦ Convenio con el Servicio Nacional de Geología y Minería (Sernageomin).
- ♦ Convenios con Universidad de Chile, Universidad de Valparaíso, Universidad de Concepción y Pontificia Universidad Católica de Valparaíso.
- ♦ Miembro de la Red de Centros de Investigación del Agua del Comité Nacional para la Innovación y Desarrollo (CNID).
- ♦ Colaboración permanente con organismos del Estado (Ministerio de Obras Públicas, Ministerio del Medio Ambiente, Comisión Nacional de Riego, Ministerio de Vivienda y Urbanismo, Ministerio de Transporte y Urbanismo, entre otros).
- ♦ Colaboración permanente con Asociación de Canalistas
- ♦ Colaboración permanente con SOCHID.
- ♦ Convenio con Marine Energy Research and Innovation Center (Meric).
- ♦ Asesorías a municipalidades.
- ♦ Convenio con el Centro de Investigación para la Gestión Integrada del Riesgo de Desastres (Cigiden).
- ♦ Asistencia técnica a empresas sanitarias.

Internacional

- ♦ Presidencia de la Red de Institutos Nacionales Iberoamericanos de Ingeniería e Investigación Hidráulica (RINIIH).
- ♦ Membresía del International Advisory Board (IAB) de Hydralab (red europea de laboratorios de Hidráulica).
- ♦ Miembro del Comité Chileno para el Programa Hidrológico Internacional (Conaphi) de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO).
- ♦ Colaboración permanente con HR Wallingford, Inglaterra.

Redes y alianzas



Visita en el INH del doctor David Ingram, de la Universidad de Edimburgo y director del United Kingdom Center for Marine Energy Research.



Visita en el INH del subsecretario de Transportes, José Luis Domínguez, junto a Alexis Michea, jefe del Programa de Desarrollo Logístico del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones y directivos de EPSA.



Reunión técnico estratégica en HR Wallingford. Directivos del INH junto a los expertos Iain Gunn y Belén López De San Román Blanco.



Muestra de la instrumentación del Modelo Físico de Puerto de San Antonio al director del INN, Sergio Toro y equipo de la Institución, en el marco de encuentro estratégico y de plan de colaboración.



Reunión técnico estratégica de jefa de la División Técnica del INH, Scarlett Vásquez, en el Die Bundesanstalt für Wasserbau (BAW) o Instituto Federal de Ingeniería Hidráulica en Alemania, con directivos de la institución.

Redes y alianzas



Seminario Cambio Climático, un Desafío para la Infraestructura y equipo organizador INH junto a expertos internacionales (CEDEX, BAW, HR Wallingford, IHCantabria e INA).



Encuentro de la RINIHH en Argentina, con instituciones de la red de España, Argentina, Perú y Chile.



Ensayo del Modelo Aluvional y muestra a organismos de la RINIHH en el INH, de Argentina, Perú, México, en el marco de reunión de la red.



Visita al INH de María Di Leo de HR Wallingford, en el marco del trabajo conjunto del Estudio del Puerto Gran Escala en San Antonio.



Muestra del canal de calibraciones del INH a expertos internacionales: Cecilia Lopardo (INA), Federico Estrada (CEDEX), Juan Gutiérrez (HR Wallingford) y Antonio Tomás (IHCantabria).

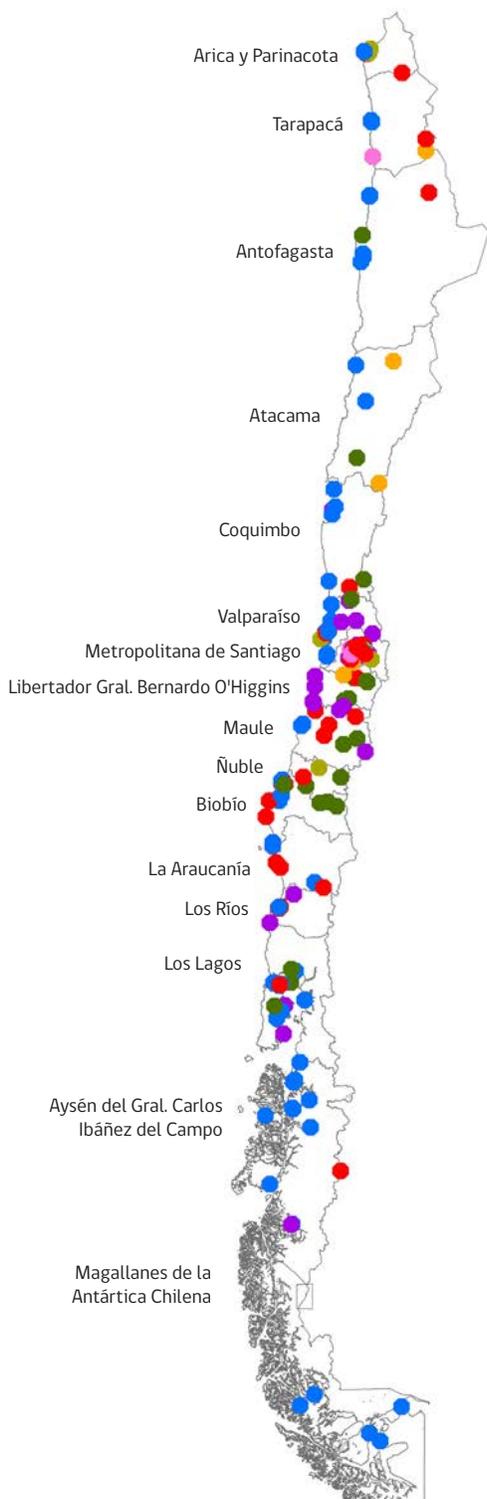
ESTUDIOS

REPORTE TÉCNICO
2018-2019

Estudios 2018-2019

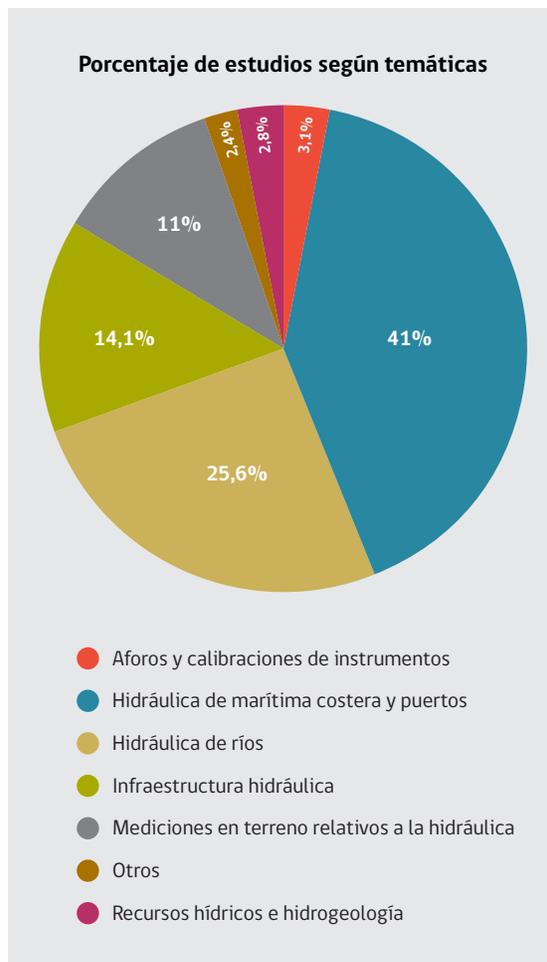
52 años de historia con presencia nacional en estudios sobre marejadas, inundaciones, puertos, embalses, aluviones, infraestructura hidráulica y servicios de aforos y calibraciones.

Ubicación estudios realizados por el INH (1970-2019)



- Aforos y calibraciones de instrumentos
- Mediciones en terreno relativos a la hidráulica
- Hidráulica aluvional
- Medio Ambiente
- Hidráulica de marítima costera y puertos
- Otros
- Hidráulica de ríos
- Recursos hídricos e hidrogeología
- Infraestructura hidráulica

- ➔ **Más de 300 estudios a nivel regional**
- ➔ **9 estudios a escala nacional**
- ➔ **1 estudio a escala internacional**



Estudio

Obras aluvionales en Quebrada de Macul

Cliente: Dirección de Obras Hidráulicas (DOH)

Duración: noviembre de 2016 a diciembre de 2018

Localización: Quebrada de Macul, Región Metropolitana



Jefe de estudio: Jaime Cotroneo

Debris flow protection infrastructure in Quebrada de Macul

The Ministry of Public Works of Chile is building a large-scale check dam in Quebrada de Macul in Metropolitan Region, which should divert about 80% of the debris flow, and let the remaining 20% pass through the seven existing check dams. INH studied the better solution that allows the large-scale check dam to receive the highest percentage of the debris. This engineering work is unprecedented in Chile and the world, and through the physical modeling and simulation of the flow, it was possible to find the technical solution for it.

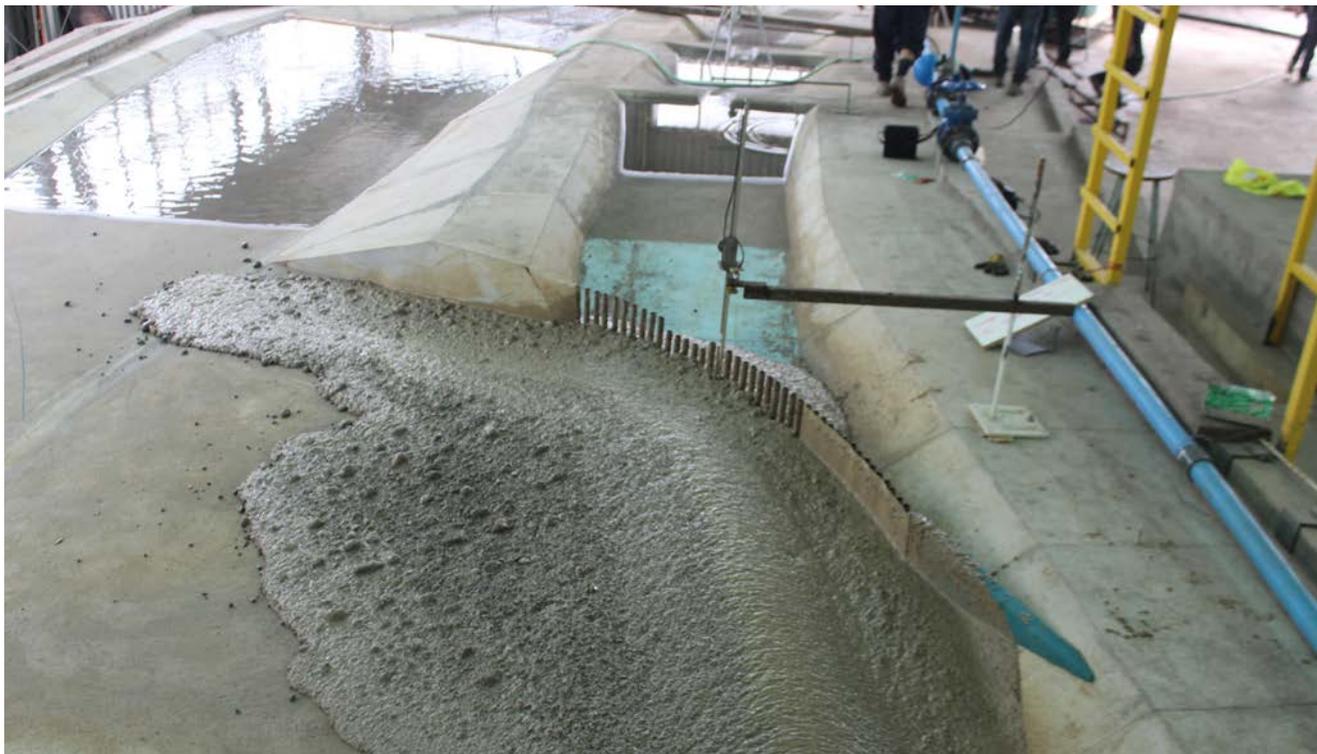
Desafío

Tras el aluvión ocurrido en 1993 en varias quebradas de la Región Metropolitana, se construyeron en la Quebrada de Macul siete decantadores con una capacidad de almacenamiento de sedimentos estimados en 70.000 m³, destinados a mitigar los efectos de los flujos aluvionales. Sin embargo, estudios posteriores estimaron que el aluvión de 1993 transportó 840.000 m³ de material, cantidad superior a la capacidad de retención de las barreras construidas. Por tal motivo, la Dirección de Obras Hidráulicas solicitó al INH definir, mediante modelación física, una obra de ingeniería inédita en Chile y el mundo, que permita desviar cerca de un 80% del flujo aluvional y dejar pasar el 20% restante por las barreras existentes.

La escasez de estudios en la literatura mundial sobre obras de este tipo, capaces de transportar grandes clastos, sumado a la dificultad de modelar físicamente flujos detríticos debido a diversos efectos de escala, presentan el mayor desafío en este estudio.

Relevancia para el país

Chile es un país altamente vulnerable a los flujos de detrito o aluviones, dada su configuración geográfica y la cercanía de los asentamientos humanos a zonas cordilleranas y precordilleranas. Según el Servicio Nacional de Geología y Minería de Chile (2015), entre 1980 y 2015 ocurrieron 70 desastres de origen geológico, de los cuales 45 corresponden a flujos aluvionales. Los cinco aluviones de mayor magnitud reportaron 189 muertos, 91 desaparecidos, miles de damnificados y un costo de US\$ 1.600 millones. Una de las medidas para atenuar su poder destructivo radica en el diseño y construcción de obras de control aluvional.



Estado final de un pulso aluvional, sobre la solución definitiva, en el tercer modelo físico de la Quebrada de Macul.

Cómo se desarrolló

Para el desarrollo del estudio, que contó con la asesoría de los académicos de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile, se realizaron tres modelos físicos con distintas escalas. El primero (escala 1:80) entregó como resultado la generación óptima del flujo para la modelación física. El segundo (escala 1:80) ayudó a ensayar diferentes tipos de obras para maximizar el desvío y retención de los sedimentos mayores. Y el tercero (escala 1:50), consistió en diagnosticar bajo diferentes escenarios la obra escogida para mitigar el impacto del aluvión.

Para extraer la velocidad del flujo aluvional, se utilizó la técnica del Particle Image Velocimetry (PIV), mediante un software de la Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. Primero, se validó la obtención de velocidades en un flujo aluvional, trabajo conjunto entre el INH y las Universidades de Chile y Nacional de Córdoba.

Elementos innovadores

Es primera vez que se realiza un modelo físico de este tipo en Chile, por lo cual se debió investigar de manera intensiva, en conjunto con la red de colaboradores del INH, de países latinoamericanos y europeos, y con los asesores senior de la Universidad de Chile. La innovación estuvo en el conocimiento generado, el ecosistema humano involucrado y en las técnicas que se desarrollaron para el montaje y recreación del evento aluvional, así como en las mediciones de las variables hidráulicas de los ensayos.

Aporte

El INH generó un conocimiento relevante en la implantación y generación de flujos aluvionales en modelos físicos, producto del cual se han mejorado las instalaciones e instrumentación, atrayendo a diferentes memoristas para estudiar el tema.

A esto se agrega el gran aporte de haber encontrado una obra de ingeniería que mejora la capacidad de retención de las obras aluvionales construidas, y que permitirán proteger mejor a la ciudadanía en el caso de un próximo aluvión en la zona de la Quebrada de Macul.



Ensayo de pulso aluvional sobre alternativa N°1, en el segundo modelo físico de la Quebrada de Macul.

Estudio

Estudio en modelo físico tridimensional para obras de abrigo en Playa Brava, Iquique

Cliente: Dirección de Obras Portuarias

Duración: octubre de 2018 a enero de 2020

Localización: Iquique, Región de Tarapacá



Jefe de estudio: Eduardo González

Physical model study for artificial beach in Playa Brava, Iquique

The study evaluated the design of an artificial beach construction project in Playa Brava, Iquique, proposed by the MOP's Port Works Directorate. The beach was made up of two shelters and a submerged breakwater, and was studied through a reduced scale 3D physical model. The main challenge is to evaluate the stability of the structures and the agitation in order to provide an adequate bathing area, considering the energy and hydrodynamic conditions of the study area.

Desafío

El estudio evalúa el diseño del proyecto de construcción de una playa artificial conformada por dos molos de abrigo y un rompeolas sumergido, propuesto por la Dirección de Obras Portuarias al extremo sur de Playa Brava, Iquique, mediante un modelo físico 3D a escala reducida. El principal objetivo fue evaluar la estabilidad de las obras de abrigo y la agitación para proporcionar una adecuada zona de baño, considerando las condiciones energéticas e hidrodinámicas de la zona de estudio.

Relevancia para el país

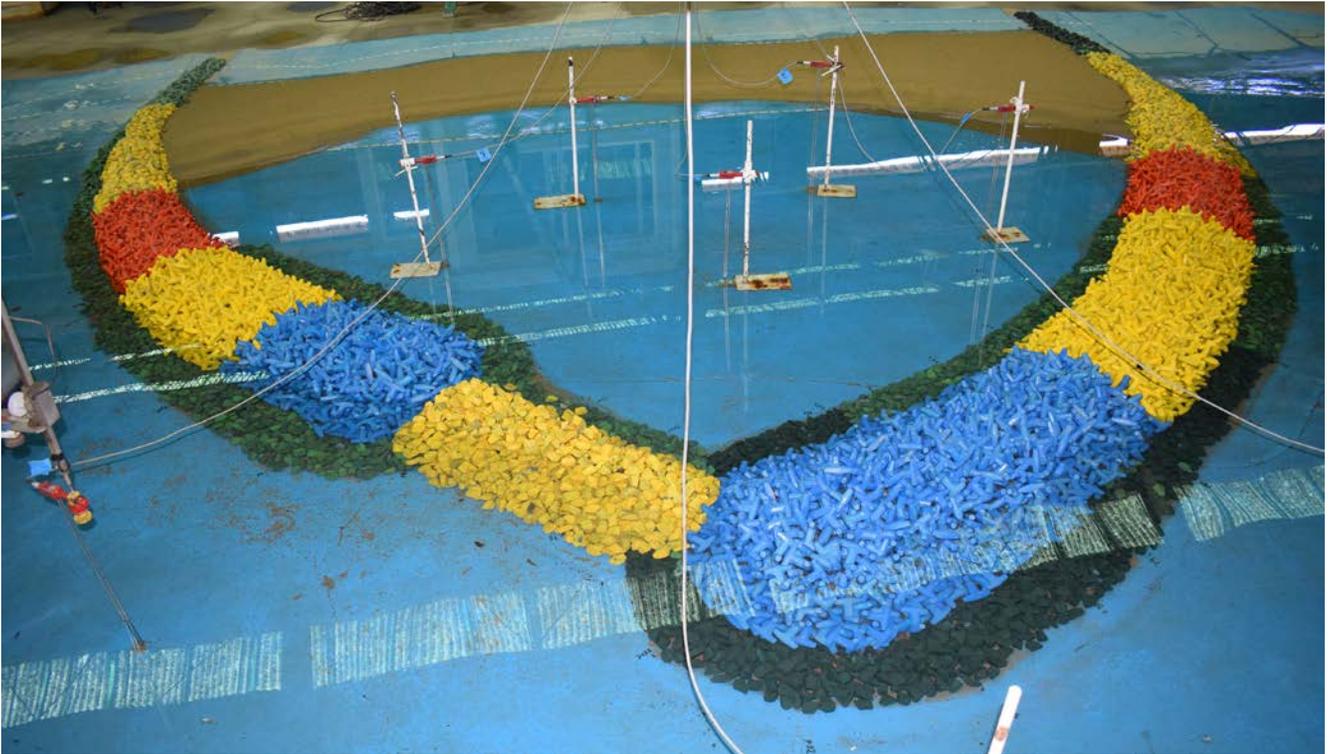
La generación de una nueva playa apta para el baño en la Región de Tarapacá, considerando además que el borde costero y principalmente las playas de Iquique son unos de los principales atractivos turísticos de ciudad con condiciones climáticas privilegiadas siendo este destino altamente demandado en toda época del año.

Cómo se desarrolló

El estudio contempló el análisis de la estabilidad de las obras y análisis de la agitación en la zona de baño. Para ello se construyó un Modelo Físico a escala reducida (1:50) en las instalaciones del INH, representando las condiciones topográficas y batimétricas de la zona de estudio, considerando el escalamiento de longitudes y fuerzas. Adicionalmente se utilizó la modelación numérica, análisis de datos de campos y la utilización de sus recursos audiovisuales.

Elementos innovadores

Para la realización de los elementos a escala reducida que conforman los molos de abrigo fue incorporada la impresión tridimensional para la creación de los elementos de protección que conforman los molos de abrigo, lo que permitió explorar nuevas técnicas de fabricación de matrices con la aplicación de softwares de diseño especializados, mejorando la precisión y los tiempos de manufactura, a diferencia de la técnica manual utilizada anteriormente.



Vista frontal Playa Brava alternativa nº5.

Otro elemento de especial interés fue modelar las condiciones marítimas del proyecto en etapa de construcción, de manera de reproducir las condiciones naturales a la que los elementos de protección y componentes de la obra podrán estar sometidos. Esto se refiere a la experimentación de ensayos con la obra tal y como se va construyendo en terreno, dado el clima extremo que caracteriza la zona del proyecto de la playa artificial, como el período de construcción de obra.

Aporte

El estudio permitió evaluar la factibilidad técnica de la habilitación de una playa artificial de 250 m de longitud aproximadamente en el sector sur de Playa Brava, así como optimizar las obras que permitirán aumentar la zona de baño de la ciudad de Iquique.



Instalación de dolos.



Vista posterior Playa Brava alternativa nº5.

Estudio

Modelado físico a escala reducida del Puerto de Gran Escala de San Antonio

Cliente: HR Wallingford

Duración: Enero a diciembre de 2018

Localización: San Antonio, Región de Valparaíso



Jefe de estudio: Rodrigo Herrera

Reduced-scale physical modeling of the Large Scale Port of San Antonio (PGE)

Through two-dimensional and three-dimensional physical modeling, the study evaluated the stability, overtopping, and port operating conditions of the Breakwater of the Large Scale Port of San Antonio, for different wave conditions. In a two dimensional channel, four sections of the breakwater were studied in total, two of which were modeled in the INH laboratory under the supervision of HR Wallingford. The three dimensional model was made in the HR Wallingford laboratoy.

Desafío

Las obras de abrigo proyectadas para el Puerto a Gran Escala de San Antonio (PGE) consideran la construcción de un rompeolas de aproximadamente 4 kilómetros de extensión, el más grande proyectado en Chile. La ubicación del rompeolas requiere superar condiciones ambientales particularmente desafiantes, que incluyen oleajes de gran magnitud, así como la presencia de un cañón submarino en el fondo marino, en sector cercano al cabezo de la obra.

Este nivel de complejidad sitúa a la modelación física como una pieza crítica en el proceso de diseño de ingeniería, permitiendo evaluar la estabilidad estructural y sobrepaso de las obras, además de verificar si las nuevas terminales presentan las condiciones de operación óptimas para las embarcaciones, ante distintos escenarios de oleaje.

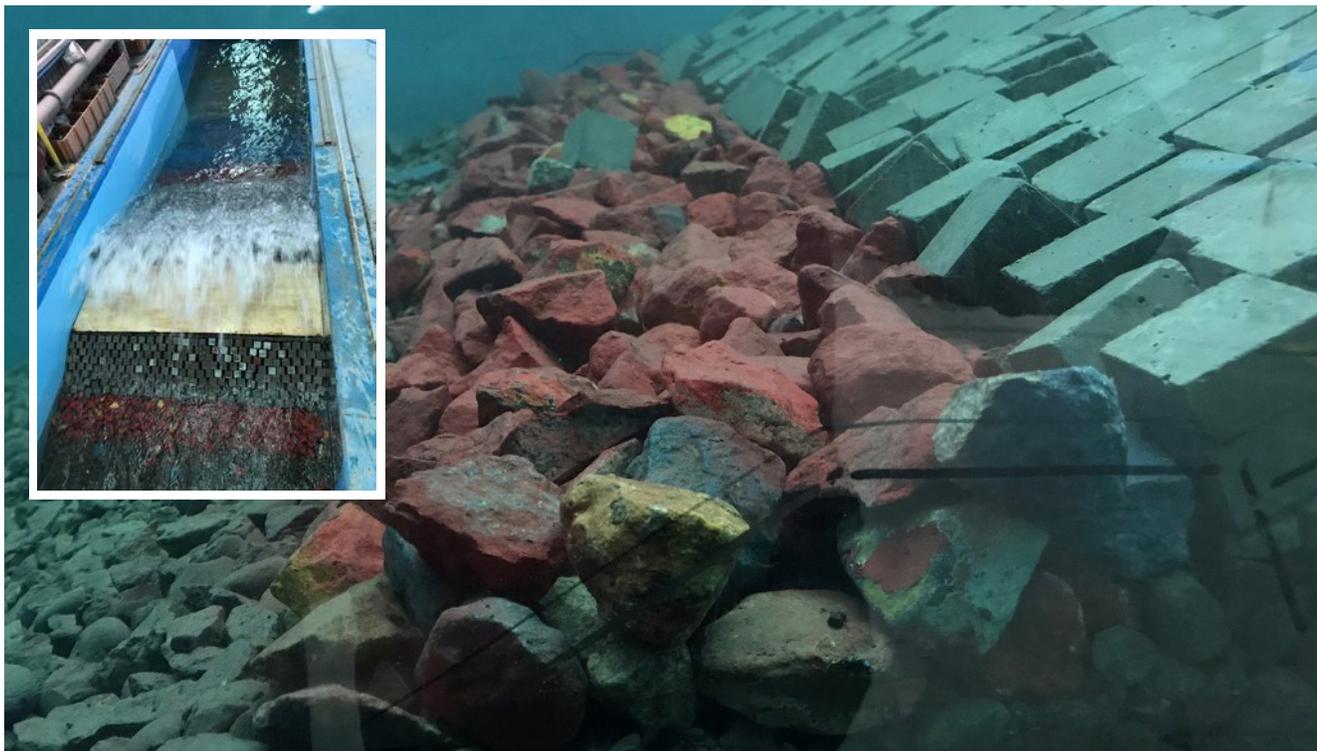
Relevancia para el país

El proyecto busca responder la creciente demanda de infraestructura marítima requerida por las navieras para carga y descarga de bienes, y a la baja capacidad actual de los terminales chilenos para recibir buques de gran tamaño, lo cual limita el arribo de navíos más modernos y eficientes, que optan por otras rutas.

Cómo se desarrolló

El proyecto se realizó como una colaboración entre Empresa Portuaria San Antonio (EPSA) y SENER, a cargo del diseño del proyecto; PRDW, asesor técnico de SENER; HR Wallingford e Instituto Nacional de Hidráulica, a cargo de las modelaciones físicas.

Para validar el diseño se utilizó modelación física bidimensional y tridimensional, a cargo de HR Wallingford (Inglaterra) y el INH. En canal bidimensional se estudiaron cuatro secciones del rompeolas, dos de las cuales se modelaron en el laboratorio INH bajo la supervisión de HR Wallingford. A partir de los resultados obtenidos fue



Fotografías de ensayos de estabilidad y sobrepaso en canal bidimensional del INH, para una sección del rompeolas.

posible validar y optimizar la geometría del rompeolas, y el peso y distribución de los elementos prefabricados y enrocados que lo componen. El modelo tridimensional para evaluar la operatividad de los terminales y comportamiento del rompeolas fue desarrollado en HR Wallingford.

Elementos innovadores

Los modelos físicos en canal bidimensional fueron los modelos de mayores dimensiones construidos en la historia del INH. Se estudiaron dos secciones de la obra, una en el codo y la segunda en el cabezo del rompeolas, para lo cual fue necesario construir dos pendientes de aproximación o perfiles de playa, y cerca de 2000 cubos a escala reducida, que representan cubos de 10, 40 y 50 toneladas en naturaleza, verificando que cada elemento alcanzara la densidad deseada. Otro elemento testado en la coraza del rompeolas es el Cubipod de 30 toneladas, que por primera vez se prueban en Chile y dado que posee patente de fabricación, fueron enviados por sus propietarios (SATO).

El INH adquirió instrumental de última generación (sondas resistivas para la medición de altura de oleaje) a instalarse en el canal bidimensional, fabricadas por HR Wallingford, además de nuevos sensores de esfuerzo.

A esto se agrega la actualización de metodologías de ensayos en modelo físico para análisis en canal bidimensional de olas, adquiriendo un entrenamiento de nivel internacional y un estándar y prácticas de laboratorio de hidráulica de clase mundial.

Aporte

Este estudio permitió al INH fortalecer los lazos de colaboración con entidades como HR Wallingford, quienes son referentes internacionales en modelación física en el área marítima, generando una capacitación permanente que conlleva una serie de mejoras de los procesos productivos internos asociados a la construcción y explotación de modelos físicos en canal bidimensional.

Cabe destacar, que ingenieros del INH asistieron a una pasantía técnica en el laboratorio de HR Wallingford, a modo de capacitación técnica nivel experto antes del inicio del estudio.

A lo largo del estudio, el INH contó con la supervisión técnica de William Allsop (Reino Unido) y J. van der Meer (Holanda), expertos del mundo de la hidráulica marítima, para validar las experiencias de laboratorio del estudio del PGE desarrolladas en el INH.

Estudio

Estudio de las solicitaciones hidrodinámicas en una jaula de cultivos de salmones en un canal de Aysén

Cliente: FCFM Universidad de Chile

Duración: marzo de 2018 a enero de 2019

Localización: Región de Aysén



Jefe de estudio: Luis Zamorano

Study of hydrodynamic stresses in a salmon farming cage in Aysén Region

The objective of the numerical study was to determine the conditions for which tidal surges in that zone are generated, which cannot be exclusively linked to tidal currents. It was possible to determine the drag coefficients for different combinations of the networks that make up the salmon farming cages, for the speed conditions that occur in the southern channel where the salmon farming center is located.

Desafío

Estudio numérico para determinar las corrientes que se generan en un canal austral y estudio experimental para determinar el coeficiente de arrastre de las redes que conforman las jaulas de cultivo de salmones.

Relevancia para el país

Por su complejidad y complementando los recursos de infraestructura y profesionales, el estudio fue realizado en conjunto con especialistas del Departamento de Ingeniería Civil de la Universidad de Chile (DIC-UCHile).

Un fenómeno reportado en los canales australes de Chile corresponde a los llamados “golpes de marea”, los que si bien han sido descritos en algunas publicaciones, no han sido debidamente modelados. El objetivo del estudio numérico fue determinar las condiciones para los

que se generan estos golpes de marea, los que no pueden ser vinculados exclusivamente a corrientes generadas por mareas.

Cómo se desarrolló

Para lograr los objetivos del estudio, se formó un equipo de trabajo con investigadores especialistas en Mecánica de Fluidos e Hidrodinámica Ambiental y del área de Estructuras del DIC-UCHile. De este modo, el equipo INH-DIC, pudo conceptualizar y modelar las corrientes asociadas a los golpes de marea, utilizando modelos numéricos altamente sofisticados. Del mismo modo, el equipo conceptualizó e implementó un estudio experimental para medir coeficientes de arrastre de redes, el que se desarrolló en una de las instalaciones del INH con instrumentación del DIC, y un equipo humano de ambas instituciones.



Montaje de la raqueta de acero inoxidable, instrumentación, carro y canal utilizado en la experimentación.



Ejemplo de un ensayo, donde la raqueta está sometida a la fuerza del flujo durante una rutina experimental para red limpia.

Elementos innovadores

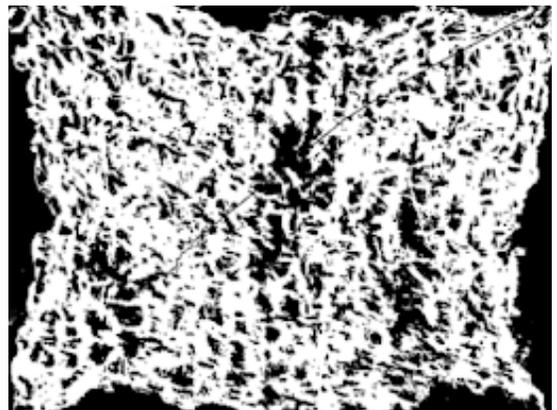
La caracterización de los golpes de marea es un fenómeno que demandó conceptualizar y emplear técnicas y softwares de modelación numérica sofisticadas, así como incorporar el efecto de ondas internas, algo no previsto ni estandarizado en los softwares usuales de cálculos de corrientes. El trabajo experimental también requirió implementar equipos y técnicas de medición especiales para medir las componentes normales y tangenciales de los coeficientes de arrastre hidrodinámico de las redes.

Aporte

Mediante este trabajo colaborativo entre el INH y especialistas del DIC-UChile, se ha continuado consolidando la interacción entre ambos grupos, tanto en trabajos de modelación numérica como experimental, reforzando también la idea de colaboración de la Red Nacional de Laboratorios de Hidráulica liderada por el INH. El estudio, si bien nació de una necesidad para resolver un problema específico de una empresa privada, también significó un aporte al conocimiento científico de las fuerzas de arrastre en redes como una explicación al fenómeno del golpe de marea. Prueba de esto es un artículo aceptado para el XXIV Congreso de la Sociedad Chilena de Ingeniería Hidráulica y otro, en revisión, enviado a una revista especializada, indexada en Web of Science (ISI).



Red pecera elaborada con elementos sintéticos, utilizada para la estimación experimental del coeficiente de arrastre.



Postproceso final de una imagen digital para la determinación del grado de obstrucción de una red pecera.

Estudio

Análisis de socavación en pilas

Cliente: Estudio de investigación interno

Duración: febrero de 2019 en adelante

Localización: Laboratorio del Instituto Nacional de Hidráulica



Jefe de estudio: Felipe Negrete

Analysis of scour in bridge piers

The research is carried out in an experimental flume specially built to study scour in bridge piers, an erosive process generated by the action of the flow and its interaction with the riverbed. The INH flume implemented to study this phenomenon is equipped with variable slope and sediment seed system to reproduce the hydraulic conditions of the Chilean rivers to deepen the local knowledge.

Desafío

La socavación es un proceso erosivo generado por acción del flujo y su interacción con el lecho del cauce. Cuando existe, además, una estructura inserta en el cauce, se genera un proceso erosivo en torno a esta, el cual es conocido como socavación local. Cuando se trata de un puente, obra fundamental para la conectividad, la socavación en torno a las pilas o cepas insertas en el cauce, afecta su estabilidad, pudiendo provocar el colapso de la estructura. Con este desafiante contexto es que el INH opta por construir una Instalación Experimental en el Laboratorio de Hidráulica, y comienza un proceso de instrumentación y desarrollo de dispositivos que permitan medir el fenómeno, para así registrar y generar el conocimiento que se requiere en torno a los procesos de socavación de pilas de puentes.

Con el Canal Experimental de Socavación en Pilas del INH se busca profundizar el conocimiento de este fenómeno, enfocado en la realidad de los cauces chilenos.

Relevancia para el país

Nuestro país tiene más de 6.000 puentes, y un alto porcentaje de ellos fueron construidos hace varias décadas, por lo que se aproximan al final de su vida útil. Adicionalmente, como consecuencia del cambio climático, se proyectan incrementos en los caudales extremos, influyendo directamente en la socavación local en torno a las cepas de los puentes. Por todas estas razones se hace más relevante el estudio hidráulico de estas estructuras, así como el desarrollo de investigaciones de manera intensiva en una instalación experimental exclusiva para el estudio de las problemáticas señaladas.

A lo anterior se agrega que las formulaciones presentes en el Manual de Carreteras de la Dirección de Vialidad, la principal fuente para el diseño de puentes y obras viales en Chile, fueron obtenidas bajo condiciones hidráulicas controladas y distintas a las que se encuentran en los cauces de nuestro territorio. Es fundamental generar conocimiento de este fenómeno para estas condiciones particulares de escurrimientos supercríticos y lechos de granulometría extendida.

Finalmente comentar que en los últimos cuatro años, Chile ha sufrido el colapso de tres puentes, como el Cancura y el Puente Ferroviario en Pitrufuquén, produciendo, incluso, la pérdida de vidas humanas.



Canal de estudio de socavación en pilas.

Cómo se desarrolló

El estudio se lleva a cabo mediante un canal experimental construido para estudiar el fenómeno, pudiendo reproducir las condiciones hidráulicas de los cauces chilenos.

Hay variadas líneas de investigación aplicada proyectadas en el canal de socavación en pilas, las que se están desarrollando con investigadores de la Universidad de Chile y la Universidad de Concepción, así como también con el Doctor en Ingeniería de la Universidad de Illinois, en Estados Unidos, Leonardo Chamorro.

Elementos innovadores

Para el estudio del fenómeno es fundamental contar con tecnología de punta, en precisión y versatilidad que permita caracterizar en detalle la fosa de socavación alrededor de las pilas. Por ello, se ha desarrollado una línea de investigación en instrumentación innovadora y específica para dimensionar esta fosa, como son el uso de láser o cámaras para medir en tiempo real la fosa de socavación.

Aporte

El estudio experimental de socavación en pilas en condición de régimen supercrítico (altas velocidades) y lecho de granulometría gruesa ha sido muy poco estudiado por investigadores y expertos en el tema, y no se dispone de una instalación de la magnitud y características como la del INH. Es por esto que se considera de gran valor lograr reproducir la socavación bajo estas condiciones hidráulicas particulares, y sería un aporte para toda la comunidad científica nacional e internacional.



Fosa de socavación experimental con lecho de granulometría uniforme.

Estudio

Evaluación hidrodinámica y transporte de sedimentos de la Bocatoma Independiente de Aguas Andinas

Cliente: Aguas Andinas

Duración: enero de 2018 a agosto de 2019

Localización: Río Maipo, Sector Las Vertientes, Región Metropolitana

Jefe de estudio: Felipe Negrete



Ingeniero de estudio: Andrés Tapia

Hydrodynamic and intake sediment transport evaluation

The study uses numerical modeling to propose solutions in order to improve the efficiency of the sediment dragging, reducing maintenance time for Aguas Andinas's Independent Intake, source of drinking water for the Metropolitan Region. This hydraulic work produces a continuous accumulation of solid material that decreases the water storage and collection capacity.

Desafío

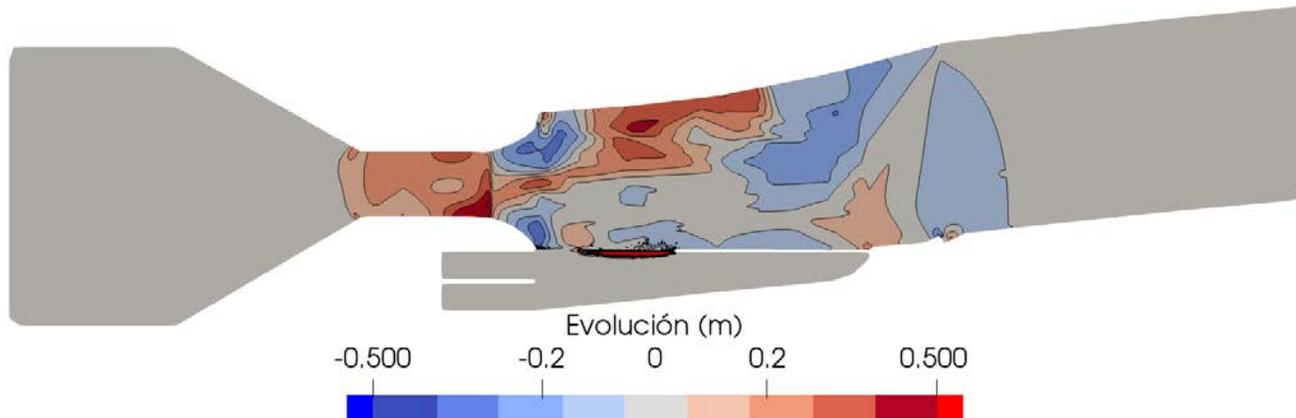
Las bocatoma son obras hidráulicas de captación de agua desde alguna fuente, ya sea río, lago o mar. En el caso de las bocatoma en ríos, como la de Aguas Andinas en el Río Maipo, es necesario construir una obra para acumular agua, con el fin de lograr un nivel adecuado para la extracción. Sin embargo, el sedimento transportado por el río se va acumulando en la zona de captación, por lo que se debe contar con una compuerta desripadora que permita su evacuación. El sector donde se ubica la bocatoma, posee alto potencial de arrastre de sedimentos, lo que sumado a la configuración de la obra, produce una acumulación continua de material sólido que disminuye la capacidad de almacenamiento de agua y de captación. Lo anterior, obliga a realizar operaciones de desripado constantemente, periodos en los que se debe interrumpir la captación de agua.

Relevancia para el país

Nuestro país tiene del orden de 6.000 puentes, consLa Bocatoma Independiente de Aguas Andinas es la principal fuente de agua potable para la Región Metropolitana. Cuando se afecta su operación, se compromete la disponibilidad de agua potable para los millones de usuarios de la región. El estudio buscaba proponer soluciones para mejorar la eficiencia del desripado, reduciendo los tiempos de carencia de captación de agua.

Cómo se desarrolló

Haciendo uso de la modelación numérica se logró reproducir en detalle el fenómeno hidráulico en la bocatoma para los escenarios de interés, y con ello caracterizar en profundidad la hidrodinámica en todo el dominio del modelo numérico. Con esta herramienta de análisis, mediante el software Telemac 2D, se pudieron obtener resultados que permitieron determinar de buena manera las condiciones dominantes del transporte de sedimentos. La colaboración de los expertos y prestigiosos investigadores de la Universidad de Chile, Yarko Niño y Aldo Tamburrino, fue fundamental para, en conjunto con los investigadores del INH, realizar un estudio robusto y consistente.



Salida de modelo numérico en Telemac 2D. Evolución de la cota de fondo.

Elementos innovadores

Un elemento interesante se refiere a la validación de los resultados, para lo cual se utilizó la modelación numérica, y en particular, se aplicó la aproximación Smoothed-Particle Hydrodynamics (SPH) mediante un software libre llamado SPHERA. Esta fue la primera vez que el INH utilizó esta herramienta.

Adicionalmente se realizaron mediciones en terreno, con herramientas poco convencionales y de alta tecnología, como el equipo River Surveyor que permite medir la batimetría de un cauce junto con medir el campo de velocidades en toda la sección transversal del río.

Este trabajo de campo también sirvió de apoyo en el análisis integrado de la problemática en estudio.



Medición en terreno de la batimetría mediante el uso del River Surveyor.

Aporte

El estudio entregó recomendaciones para mejorar la eficiencia del desripado de la Bocatoma Independiente de Aguas Andinas. Esto permitirá reducir los tiempos de operación de desripados y en consecuencia, también disminuirán los tiempos de déficit de captación, otorgando mayor seguridad en la disponibilidad de agua potable para los usuarios.

Se tiene conocimiento de que bocatoma, así como plantas de tratamiento de agua potable, embalses de riego y centrales hidroeléctricas, en general tienen problemas con los sedimentos, lo que reduce la eficiencia de las obras, haciendo fundamental analizar este efecto, tanto con modelos numéricos, así como físicos y optimizar el diseño de las mismas.



Obra de toma de la bocatoma Independiente de Aguas Andinas.

Estudio

Modelo físico bidimensional rompeolas Puerto de Servicio Miramar, Nicaragua

Cliente: INCOSTAS Ingeniería

Duración: mayo a julio de 2019

Localización: Miramar, Nicaragua



Jefe de estudio: Gubler Otarola

Physical model of a breakwater in Nicaragua

To evaluate and improve the behavior of a coastal protection structure a physical model was used. The structure was designed with armour rock to be constructed in the city of Miramar, in western Nicaragua. The research was carried out by physical modeling in the INH 2D Wave Flume, conducting wave tests under conditions not found in Chile, such as, for example, with hurricane characteristic parameters, sea characteristics not normally studied in the Institute.

Desafío

Este estudio evaluó cómo sería el comportamiento de una estructura de protección costera con coraza de enrocado para distintas condiciones de oleaje, mediante modelación física en el canal bidimensional del INH. La zona de estudio corresponde a la localidad de Miramar en la costa oeste de Nicaragua.

Relevancia para el país

Este estudio se realizó para un cliente internacional, INCOSTAS Ingeniería, quienes realizaron el diseño y posterior gerencia de la construcción del rompeolas. La relevancia a nivel institucional es que se realizó un trabajo para clientes extranjeros, ensayando un proyecto que se construirá en Nicaragua, lo que nos dio la experiencia de realizar ensayos de oleaje con condiciones que no se encuentran en Chile, como, por ejemplo, ensayos de oleaje con parámetros característicos de huracanes, condiciones de mar no estudiadas normalmente en el Instituto.

Cómo se desarrolló

El estudio se realizó utilizando el canal bidimensional del INH. Con respecto al estudio de estabilidad de los elementos a construir en el rompeolas Puerto de Servicio Miramar, este se trabajó en conjunto con el asesor técnico de la empresa mandante, Juan Font.

Para el desarrollo de este proyecto se realizó la compra, selección y producción de la roca a utilizar, considerando una escala de 1:25, para rocas de densidades de 2,3 y 2,7 ton/m³. También se efectuó la calibración de cuatro estados de oleaje, considerando condiciones de oleaje durante construcción, eventos de huracán y swell; y la construcción de nueve geometrías diferentes, las cuales se realizaron entre cada uno de los ensayos.



Vista frontal de geometría final (G9) de rompeolas.

Elementos innovadores

Uno de los elementos innovadores utilizados durante la realización de este estudio, fue la obtención de roca de 2,3 ton/m³ de densidad. Este tipo de roca no es utilizado comúnmente en la construcción de corazas de rompeolas, por lo que esta fue la primera vez en el INH que se realizó modelación física con este tipo de roca, obteniendo información importante de cómo construir rompeolas con este tipo de elementos.

Otro elemento experimental relevante estuvo relacionado con la limitación en la obra de la distancia máxima de colocación de la roca desde el borde de la pista de construcción en la coronación del rompeolas. En este caso las rocas de la berma del pie del talud se colocaron con pendiente próxima al equilibrio estático reproduciendo el método de soltar en la obra todas las unidades en la ubicación de la cúspide de la berma, para luego comprobar que la pendiente estable se lograba durante la etapa inicial del temporal de diseño, sin afectar la estabilidad de la coraza superior.

Aporte

El principal aporte de este estudio fue realizar una metodología de ensayos de paso a paso, es decir, trabajar con el asesor técnico del mandante e ir probando diferentes

alternativas de geometrías de rompeolas entre una y otra. De esta forma, se optimizó el tiempo de ensayos al realizar los cambios en forma creciente. Esto llevó al equipo del INH a realizar la construcción de diferentes geometrías una y hasta dos veces por semana, lo cual involucró una gran coordinación y experiencia del personal a cargo de estas tareas.



Vista de costado de geometría final (G9) de rompeolas.

Estudio

Diagnóstico hidráulico de estaciones fluviométricas

Cliente: Dirección General de Aguas (DGA)

Duración: octubre a diciembre de 2018

Localización: Cuenca de Río Aconcagua, Región de Valparaíso

Jefe de estudio: Felipe Negrete



Ingeniera de estudio: Camila Osorio

Hydraulic diagnosis of gauge stations

The objective of this study was to evaluate the certainty of the value estimated by the gauge stations of the General Water Directorate by contrasting it with the precise measurement of the flow carried out by INH technical staff, using specialized instrumentation and techniques, such as conventional gauge with current-meter, Acoustic Doppler Current Profiler (ADCP) and indirect method with video recording.

Desafío

La Dirección General de Aguas está encargada del mantenimiento y funcionamiento de las cerca de 500 estaciones fluviométricas, instaladas en los cauces del país. En la cuenca del río Aconcagua hay algunas estaciones que han generado cuestionamientos respecto a la certidumbre del valor estimado por la curva de descarga asociada a la estación. El objetivo del estudio era evaluar la certeza del valor estimado por las estaciones al contrastarlo con la medición precisa del caudal realizada por personal técnico del INH, utilizando instrumentación especializada.

Relevancia para el país

Es fundamental que las estaciones fluviométricas de la DGA presenten estimaciones de caudales certeras y confiables, pues un error en la medición incide en la calidad de vida de las personas que utilizan el recurso, además de

los datos, por lo que la relevancia del estudio radica en la validación de los caudales estimados por las estaciones. Además, ha permitido generar recomendaciones técnicas para mejorar la precisión de la curva de descarga y la ubicación asociada a dichas estaciones.

Cómo se desarrolló

El estudio se realizó a través de la medición en terreno del caudal del río Aconcagua y otros esteros y ríos, utilizando diversas técnicas, tales como aforo convencional con molinete, aforo con Acoustic Doppler Current Profiler (ADCP) y método indirecto con grabación de video, cuyos datos eran contrastados con la estimación de las estaciones fluviométricas de la DGA.



Aforo en estación fluviométrica Río Aconcagua en San Felipe.

Elementos innovadores

La utilización de diversas metodologías o instrumentación para el aforo de caudales, y la posterior comparación de estos con los valores estimados. En particular, se validó el uso de una herramienta no intrusiva y de bajo costo para la estimación de caudal, correspondiente al análisis y tratamiento de imágenes. Se utilizó una grabación del escurrimiento para estimar el campo de velocidades de la superficie libre del flujo. Considerando la sección transversal del cauce se puede estimar el caudal del río. Esta técnica, originaria de investigadores argentinos, es una herramienta bastante útil para estimar caudales de crecidas en condiciones donde es bastante difícil realizar aforos.



Aforo en Estación Río Aconcagua en Chacabuquito.

Aporte

El uso de una nueva técnica de estimación de caudal no utilizada en Chile para estos efectos. Se logró validar el adecuado funcionamiento de algunas estaciones fluviométricas de la DGA, y recomendaciones técnicas para el mejoramiento de otras estaciones, con el fin de respaldar y dar certeza a la estimación de caudales de estas estaciones fluviométricas, tanto a los usuarios, como a la DGA. Esto se hace cada vez más importante sobre todo en un contexto de escasez hídrica, y con tanta competencia y diversidad de usuarios del recurso hídrico.



Aforo con molinete en Estación Estero Catemu en Puente Santa Rosa.

Estudio

Análisis de eventos de turbiedad alta en cuencas de los ríos Maipo y Aconcagua

Cliente: Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS)

Duración: octubre 2017 a febrero del 2018

Localización: Ríos Maipo, Región Metropolitana y río Aconcagua, Región de Valparaíso



Jefe de estudio: Enrique Galecio

Analysis of high turbidity events in Maipo and Aconcagua river watersheds

The Superintendence of Sanitary Services (SISS) requested INH to carry out a study to analyze the high turbidity events that have occurred in recent years in Maipo and Aconcagua rivers, specifically upstream of the bocatoma of Vizcachas (Aguas Andinas) and El Sauce (ESVAL) plants to improve the knowledge of the processes of these watershed that have a significant influence on the generation of high turbidity events. For the development of this study, hydro-climatic antecedents existing in several sources related to flow, turbidity, precipitation and temperature were evaluated.

Desafío

La Superintendencia de Servicios Sanitarios solicitó al INH realizar un estudio para analizar los eventos de turbiedad alta ocurridos en los últimos años en los ríos Maipo y Aconcagua, específicamente aguas arriba de la bocatoma de las plantas Vizcachas (Aguas Andinas) y El Sauce (ESVAL). Lo anterior con el fin de mejorar el conocimiento de los procesos de estas cuencas que influyen en la generación de los eventos de turbiedad alta.

Relevancia para el país

La provisión de agua potable a los habitantes del país constituye una prioridad y esto se refleja en los altos niveles de cobertura, que llega prácticamente al 100% en zonas urbanas concesionadas, y continuidad del servicio a lo largo del país. Eventos climáticos extremos, intervenciones antrópicas en cuencas y el calentamiento global resultan ser de gran interés debido a su potencial impacto en el servicio y en la población. Uno de los tipos de eventos que han generado más impactos en la zona central del

país son los aumentos de turbiedad en los ríos, los cuales dificultan la operación de las plantas de tratamiento de agua potable e incluso obligan a suspender su funcionamiento ante eventos de gran magnitud, originando cortes de suministros de varias horas o días que han afectado a millones de personas. Lo anterior ya ha ocurrido en siete ocasiones en Santiago y tres en Los Andes, concentrándose principalmente en el periodo 2011-2017.

Cómo se desarrolló

Los principales desafíos del proyecto se relacionan con la adquisición, procesamiento y evaluación de antecedentes hidro-climáticos existente en varias fuentes. Durante el desarrollo de este estudio se evaluaron antecedentes relacionados con caudales, turbiedad, precipitación y temperatura. Esta información se obtiene de estaciones de medición de la Dirección General de Aguas (DGA), Dirección Meteorológica de Chile (DMC) y National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), además de los antecedentes proporcionados por la SISS. Además, se realiza una revisión de los sectores donde se ha observado la



Estanco de acumulación de agua de Planta El Sauce, Los Andes (ESVAL).

ocurrencia de aluviones y remociones en masa. El cruce de esta información busca identificar las forzantes que contribuyen a la ocurrencia de eventos de turbiedad alta en la parte alta de los ríos estudiados.

Considerando lo anterior, se identificó la necesidad de contar con una visión amplia y multidisciplinaria al momento de interpretar los antecedentes recopilados, motivo por el cual establecimos instancias de cooperación con el Dr. René Garreaud, profesor de la Universidad de Chile y subdirector del Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia (CR)².

Elementos innovadores

La dificultad de analizar la generación de eventos de turbiedad alta en las bocatomas analizadas, radica en su naturaleza multicausal. Un aspecto novedoso del estudio fue el cruce de información disponible en distintas instituciones y de diferentes variables climáticas, de forma de generar un entendimiento más completo de las forzantes que producen este tipo de fenómenos.

Aporte

Un servicio de agua potable confiable y continuo resulta fundamental para el bienestar de las personas, lo que genera una necesidad de contar con un entendimiento más acabado sobre cómo se generan los eventos de turbiedad

alta. En este sentido, nuestro estudio busca ser un aporte para mejorar el conocimiento de estos fenómenos y contribuir a generar respuestas oportunas que permitan evitar impactos negativos a la población. Por otra parte, se suma la posibilidad de que la SISS pueda evaluar la eficiencia y eficacia de las soluciones que se estudiaban a la fecha, las que pueden tener eventualmente un impacto significativo en las cuentas de los usuarios.



Sedimentador de Planta El Sauce, Los Andes (ESVAL).



Puente Zamorano, Región del Libertador General Bernardo O'Higgins.

**INSTITUTO NACIONAL
DE HIDRÁULICA**

REPORTE TÉCNICO **2018-2019**

Comité editorial:

Karla González Novion
Scarlett Vásquez Paulus
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.

Mayo de 2020

Contacto

Dirección ejecutiva

Nataniel Cox 31, Oficina 36, Santiago
+56 227824102

Laboratorio hidráulico

Concordia 620, Peñaflor
+59 227824100

www.inh.cl



REPORTE TÉCNICO
2018-2019

INNH

REPORTE TÉCNICO 2018-2019

