

# Revista Chilena de INGENIERIA

ISSN 0370 - 4009 / N° 503 / Diciembre 2024



## Anales del Instituto de Ingenieros

Vol. 136, N° 3 / ISSN 0716 - 2340

# INSTITUTO DE INGENIEROS DE CHILE

Fundado en 1888

Miembro de la American Society of Civil Engineers (ASCE)

## JUNTA EJECUTIVA

### **Presidente**

Juan Carlos Barros Monge

### **Primer Vicepresidente**

Ricardo Nicolau del Roure G.

### **Segunda Vicepresidenta**

Ximena Vargas Mesa

### **Secretario**

Germán Millán Valdés

### **Prosecretario**

Javier García Monge

### **Tesorero**

Jorge Pedrals Guerrero

### **Protesorero**

Mauro Grossi Pasche

## DIRECTORIO 2024

Alejandra Acuña Villalobos

Dante Bacigalupo Marió

Marcial Baeza Setz

Cristian Barrientos Gutiérrez

Juan Carlos Barros Monge

Juan Enrique Castro Cannobbio

Alex Chechilnitzky Zwicky

Silvana Cominetti Cotti-Cometti

Rodrigo Fernández Aguilera

Álvaro Fischer Abeliuk

Roberto Fuenzalida González

Jorge Gironás León

Javier García Monge

Mauro Grossi Pasche

Germán Millán Valdés

Marcela Munizaga Muñoz

Eduardo Muñoz Castro

Juan Music Tomicic

Luis Nario Matus

Ricardo Nicolau del Roure G.

José Orlandini Robert

Verónica Patiño Sánchez

Jorge Pedrals Guerrero

Humberto Peña Torrealba

Daniela Pollak Aguiló

Miguel Ropert Dokmanovic

Mauricio Sarrazín Arellano

Alejandro Steiner Tichauer

Ximena Vargas Mesa

Jorge Yutronic Fernández

### **Secretario General**

Carlos Gauthier Thomas

## SOCIEDADES ACADÉMICAS MIEMBROS DEL INSTITUTO

ASOCIACIÓN CHILENA DE SISMOLOGÍA  
E INGENIERÍA ANTISÍSMICA, ACHISINA.

**Presidente:** Jorge Carvallo W.

ASOCIACIÓN INTERAMERICANA  
DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL –  
CAPÍTULO CHILENO, AIDIS.

**Presidente:** Alexander Chechilnitzky Z.

SOCIEDAD CHILENA DE INGENIERÍA  
HIDRÁULICA, SOCHID.

**Presidente:** Jorge Gironás L.

SOCIEDAD CHILENA  
DE GEOTECNIA, SOCHIGE.

**Presidente:** Paulo Oróstegui T.

SOCIEDAD CHILENA DE INGENIERÍA  
DE TRANSPORTE, SOCHITRAN.

**Presidenta:** Camila Balbontín T.

SOCIEDAD CHILENA DE EDUCACIÓN  
EN INGENIERÍA, SOCHEDI.

**Presidente:** Raúl Benavente G.

## COMISIONES DEL INSTITUTO

### **Cambio Climático y el Agua.**

**Presidente:** Luis Nario M.

### **Comunicaciones.**

**Presidente:** Germán Millán V.

### **Convergencia Biológica Digital.**

**Presidente:** Alejandro Steiner T.

### **El Estado, su Eficiencia, su Rol y los Desafíos Futuros.**

**Presidente:** Jorge Pedrals G.

### **Ingenieros en la Historia Presente.**

**Presidente:** Miguel Ropert D.

### **Práctica y Academia en la Ingeniería Chilena.**

**Presidenta:** Silvana Cominetti C.

### **Propuestas desde la Ingeniería para Superar la Pobreza.**

**Presidente:** Juan Enrique Castro C.

### **Prospectivas de la Ingeniería Chilena (II parte).**

**Presidente:** Jorge Yutronic F.

### **Una Visión y Diagnóstico desde la Ingeniería a la Baja Participación de Jóvenes en Sociedades Académicas y Profesionales.**

**Presidente:** Eduardo Muñoz C.

### **Ingeniería y Seguridad (Ad-hoc).**

**Presidente:** Raúl Manásevich

## CONSEJO CONSULTIVO

Raquel Alfaro Fernandois

Elías Arze Cyr

Marcial Baeza Setz

Juan Carlos Barros Monge

Bruno Behn Theune

Sergio Bitar Chacra

Francisco Brieve Rodríguez

Mateo Budinich Diez

Juan Enrique Castro Cannobbio

Alex Chechilnitzky Zwicky

Joaquín Cordua Sommer

Álvaro Fischer Abeliuk

Roberto Fuenzalida González

Alejandro Gómez Arenal

Tomás Guendelman Bedrack

Diego Hernández Cabrera

Jaime Illanes Piedrabuena

Sergio Lavanchy Merino

Agustín León Tapia

Nicolás Majluf Sapag

Jorge Mardones Acevedo

Carlos Mercado Herreros

Germán Millán Pérez

Andrés Navarro Haeussler

Guillermo Noguera Larraín

Luis Pinilla Bañados

José Rodríguez Pérez

Rodolfo Saragoni Huerta

Mauricio Sarrazín Arellano

Raúl Uribe Sawada

Luis Valenzuela Palomo

Andrés Weintraub Pohorille

Jorge Yutronic Fernández



Nuestra portada

Para los Premios que el Instituto confiere anualmente, nuestra Corporación desarrolla numerosas actividades a las que otorga suma importancia y dedicación. Los premios honran a quienes los reciben y, al mismo tiempo, al propio Instituto. Nuestra portada muestra un collage con fotografías de los premiados en 2024, felicitaciones a todos ellos.

## REVISTA CHILENA DE INGENIERÍA N° 503, diciembre de 2024

Dirección: San Martín N° 352, Santiago  
Teléfonos: (+56) 22696 8647 – (+56) 93736 0656  
e-mail: secretaria@institutoingenierosdechile.cl  
www.iing.cl

### DIRECTOR

Raúl Uribe S.

### CONSEJO EDITORIAL

Álvaro Fischer A.  
Roberto Fuenzalida G.  
Tomás Guendelman B.  
Jaime Illanes P.  
Germán Millán P.  
Mauricio Sarrazin A.

### REPRESENTANTE LEGAL

Juan Carlos Barros Monge

### SECRETARIO GENERAL

Carlos Gauthier T.

### SECRETARÍA

Patricia Núñez G.

### DIAGRAMACIÓN

versión productora gráfica SpA

**EDITORIAL** Pág. 2

**TRANSFORMANDO CHILE.  
HIDRÓGENO VERDE Y SU IMPACTO  
EN LA ECONOMÍA Y EL MEDIO  
AMBIENTE** Pág. 3

Conferencia de Sres. José Miguel Benavente,  
Hernán de Solminihac y Cristian Hermansen

**PREMIO  
“MEDALLA DE ORO – AÑO 2024”** Pág. 22  
Al Ingeniero Sr. Andrés Navarro Haeussler

**PREMIO  
“AL INGENIERO POR ACCIONES  
DISTINGUIDAS – AÑO 2024”** Pág. 28  
A la Ingeniera Sra. Salomé Martínez Salazar

**PREMIO  
“JULIO DONOSO DONOSO – AÑO 2024”** Pág. 34  
Al Ingeniero Sr. Claudio Muñoz Zúñiga

**PREMIO  
“JUSTICIA ACUÑA MENA – AÑO 2024”** Pág. 40  
A la Ingeniera Sra. Gloria Henríquez Díaz

**PREMIO  
“RAMÓN SALAS EDWARDS – AÑO 2024”** Pág. 45  
Diseño y Construcción del Sistema Óptico  
Receptor de la Banda 1 del Observatorio ALMA

**PREMIO A LOS ALUMNOS DESTACADOS  
DE INGENIERÍA CIVIL – AÑO 2024** Pág. 51

- Premio “Marcos Orrego Puelma”
- Premio “Ismael Valdés Valdés”
- Premio “Roberto Ovalle Aguirre”

**ENTREVISTA  
A INGENIEROS DESTACADOS** Pág. 58

- SR. FERNANDO AGÜERO GARCÉS
- SR. SERGIO LAVANCHY MERINO

Comisión de Ingenieros en la Historia Presente  
Presidente: Sr. Miguel Ropert D.

**RECONOCIMIENTO  
A NUESTROS SOCIOS** Pág. 64

En julio de 2024 se realizó la conferencia “**Transformando Chile. Hidrógeno Verde y su impacto en la economía y el medio ambiente**”, en la que expusieron los señores Cristian Hermansen, Hernán de Solminihaç y José Miguel Benavente, quienes hicieron sus presentaciones luego de las palabras introductorias del señor Juan Carlos Barros, Presidente del Instituto de Ingenieros de Chile.

El señor Hermansen, Presidente de la Comisión Hidrógeno Verde del Instituto, hizo la presentación del Informe elaborado por la comisión, titulado “**Hidrógeno Verde y Energías Renovables**”. En su intervención señala que un estudio del año 2014 del Ministerio de Energía de Alemania y la Universidad de Chile, determina que el potencial de energías renovables actual es de 1.864.787 MW y que tenemos en operación hoy 13.619 MW. Las preguntas claves son: ¿Cómo atraer inversiones? ¿Cómo desarrollar nuevas industrias? ¿Cómo hacer un desarrollo industrial? ¿Nuevas tecnologías? ¿Cómo resolver los problemas de la ciudadanía? ¿Cómo exportar tecnología? ¿Cómo transformar procesos? ¿Cómo desarrollar nuevas aplicaciones?

El señor de Solminihaç, Presidente del Colegio de Ingenieros de Chile A.G. abordó el tema “**La importancia de la participación de la empresa en el desarrollo del hidrógeno verde en Chile**”. En su intervención complementa el análisis del señor Hermansen, identificando cómo la empresa privada puede potenciar el desarrollo de la industria del Hidrógeno Verde en Chile. Su desglose contempla: desarrollo de un marco regulatorio favorable; financiación y apoyo económico; promoción de la investigación y desarrollo; desarrollo de la infraestructura (red de transporte, almacenamiento e industria portuaria); fomento de la demanda; creación de mercados; fomento de alianza y colaboración público-privado e internalización y exportación.

Por último, el señor José Miguel Benavente, Vice Presidente Ejecutivo de la Corporación de Fomento de la Producción, Corfo, expuso el tema “**Industria de Hidrógeno Verde en Chile**”, señalando que esta iniciativa no solamente genera todas las oportunidades que se deducen de este tipo de energía renovable, sino que pretende lograr la descarbonización, compromiso que tenemos como país. ¿Cuáles son los requisitos que ve CORFO para alcanzar estos objetivos?: disponer de una oferta de Hidrógeno Verde y reconversión nacional para reincorporar este tipo energético en sectores tradicionales. Todo esto abre oportunidades de nuevas exportaciones. La idea es que los números hacia el 2030 y algunos hacia el 2050 muestren que, efectivamente, esto se transforme en un sector que no solamente de oportunidades de mejora de empleo, encadenamientos productivos, conocimiento y otros elementos que se mencionaron previamente, sino también una oportunidad para que Chile pueda poner al ciudadano en el centro, avanzar hacia la descarbonización de nuestro país, lo que contribuye al bienestar de todos los ciudadanos.

A fines de octubre se hizo entrega de los diferentes premios del Instituto de Ingenieros de Chile del año 2024, que en esta ocasión, recayeron en: don Andrés Navarro Haeussler, premio “**Medalla de Oro**”; en doña Salomé Martínez Salazar, premio “**Al Ingeniero por Acciones Distinguidas**”; en don Claudio Muñoz Zúñiga, premio “**Julio Donoso Donoso**”; en doña Gloria Henríquez Díaz, premio “**Justicia Acuña Mena**”; y en los señores Ricardo Finger, Leonardo Bronfman, Nicolás Reyes, Patricio Mena, Valeria Tapia, Pablo Zorzi, Claudio Jarufe y José Pizarro, premio “**Ramón Salas Edwards**”.

También se entregaron los premios “**Marcos Orrego Puelma**”, “**Ismael Valdés Valdés**” y “**Roberto Ovalle Aguirre**”, a los alumnos destacados de Ingeniería Civil.

Asimismo, se incluyen en esta edición las entrevistas a los destacados ingenieros señores Fernando Agüero Garcés y Sergio Lavanchy Merino.

# TRANSFORMANDO CHILE.

## HIDRÓGENO VERDE Y SU IMPACTO EN LA ECONOMÍA Y EL MEDIO AMBIENTE

*Conferencia de Sres. José Miguel Benavente, Hernán de Solminihac y Cristian Hermansen.*



*Sr. José Miguel Benavente.*



*Sr. Hernán de Solminihac.*



*Sr. Cristian Hermansen.*

*El día jueves 24 de julio de 2024 –vía zoom–, con una gran asistencia se realizó la conferencia “Transformando Chile. Hidrógeno Verde y su impacto en la economía y el medio ambiente”.*

*Se dio inicio a la conferencia con la exposición del Sr. Cristian Hermansen, Presidente de la Comisión Hidrógeno Verde del Instituto, que hizo la presentación del Informe preparado por la comisión, después de un arduo trabajo de dos años, titulado “Hidrógeno Verde y Energías Renovables”. Luego, expuso el Sr. Hernán de Solminihac, quien abordó el tema “La importancia de la participación de la empresa en el desarrollo del hidrógeno verde en Chile”, y después el Sr. José Miguel Benavente, con el tema “Industria de Hidrógeno Verde en Chile”.*

*Cristian Hermansen es Ingeniero Civil Electricista de la Universidad de Chile, con estudios de Post Grado en Planificación de Inversiones y en Tarificación a Costo Marginal en Francia y en Macroeconomía, Mercado de Valores y Administración de Riesgo Financiero en Chile. Es profesor adjunto del Departamento de Ingeniería Eléctrica y director y profesor del Diplomado en Regulación de Electricidad de la Universidad de Chile. Es consultor y se ha desempeñado como Presidente de la Comisión de Energía del Colegio de Ingenieros. Fue Presidente Nacional del Colegio de Ingenieros y actualmente, presidente de la Comisión Hidrógeno Verde del Instituto de Ingenieros de Chile.*

*Hernán de Solminihac es Ingeniero Civil de la Pontificia Universidad Católica de Chile. MSc en la Universidad de Texas (UT), Austin, EE.UU. Doctorado en UT. Es profesor de la Escuela de Ingeniería de la UC desde agosto 1982. Es Director de planificación del Centro Latinoamericano de Políticas Económicas y Sociales de la UC (Clapes UC). Es miembro de la Academia de Ingeniería de Chile y fue Ministro de Minería y Ministro de Obras Públicas y decano de la Facultad de Ingeniería de la UC. Actualmente, integrante del comité estratégico de Hidrógeno Verde y presidente del Colegio de Ingenieros de Chile A.G.*

*José Miguel Benavente es ingeniero civil industrial de la Universidad Católica de Valparaíso, Magister en Economía de la Universidad de Chile, y posee los grados de Master of Science y Doctor of Philosophy en Economía de la Universidad de Oxford en Inglaterra. Ha desempeñado diversos cargos, como líder principal, de la división de competitividad e innovación del Banco Interamericano de Desarrollo BID, división de la cual fue su jefe mientras estaba radicado en Washington. Profesor titular de la Escuela de Negocios en la Universidad Adolfo Ibáñez, académico del Departamento de Economía en la Universidad de Chile. Actualmente el vicepresidente ejecutivo de la Corporación de Fomento de la Producción Corfo.*

*A continuación, sus presentaciones.*

### Sr. Juan Carlos Barros, Presidente.

—Muy buenos días, como Presidente del Instituto de Ingenieros de Chile, quiero agradecer en primer lugar a nuestros invitados, Cristian Hermansen, Hernán de Solminiac y José Miguel Benavente por hacer espacio en sus agendas para estar presentes en esta actividad, además de agradecer la presencia de todos ustedes a la conferencia: “Transformando Chile. Hidrógeno Verde y su Impacto en la Economía y el Medio Ambiente”.

El Instituto de Ingenieros de Chile es una corporación sin fines de lucro que desde hace 135 años se ocupa de hacer aportes a la excelencia de la ingeniería, a su enseñanza y al desarrollo del país.

Es en este contexto que periódicamente realizamos Foros, Seminarios o Charlas, sobre temas que, por su relevancia para el país, requieren ser expuestos ante la comunidad.

El enorme potencial en energías renovables que tiene Chile, impulsado por la mayor radiación solar del planeta, en el desierto de Atacama y fuertes vientos, en la zona sur y austral, nos sitúa en una posición privilegiada para desarrollar una industria en torno al Hidrógeno Verde.

Esta industria, según se indica en un informe reciente publicado por el Instituto, podría generar ingresos que dupliquen las actuales exportaciones de cobre y en ella, los ingenieros serán actores clave en todas sus fases, desde la investigación y desarrollo hasta la implementación y operación de tecnologías y sistemas.

En esta conferencia abordaremos diferentes aspectos de la industria. En primer lugar, escucharemos a Cristian Hermansen, presidente de la Comisión Hidrógeno Verde del Instituto, que recientemente publicó un informe titulado: “Hidrógeno Verde y Energías Renovables”. Posteriormente, veremos una presentación de Hernán de Solminiac, miembro del Comité Estratégico de Hidrógeno y exministro de Obras Públicas y Minería quien nos hablará sobre la importancia de la participación empresarial en el desarrollo de ésta industria para finalmente, escuchar una presentación de José Miguel Benavente, vicepresidente ejecutivo de CORFO quién nos entregará una visión integral de la industria del hidrógeno verde en Chile.

Queremos expresar nuestro agradecimiento a REUNA que hace posible esta Conferencia ya que sin ella no podríamos disfrutar de esta conversación.

Cedo la palabra a Cristián Hermansen quien posteriormente moderará las preguntas que realicen los asistentes.

### Sr. Cristian Hermansen.

—Muy Buenos días, muchas gracias. Voy a presentar brevemente, para luego escuchar a nuestros invitados. Esta comisión de Hidrógeno Verde y energías renovables se enmarca dentro de la política del Instituto de Ingenieros de Chile de preocuparse de la Ingeniería y no solo del desarrollo económico (Figura A1).

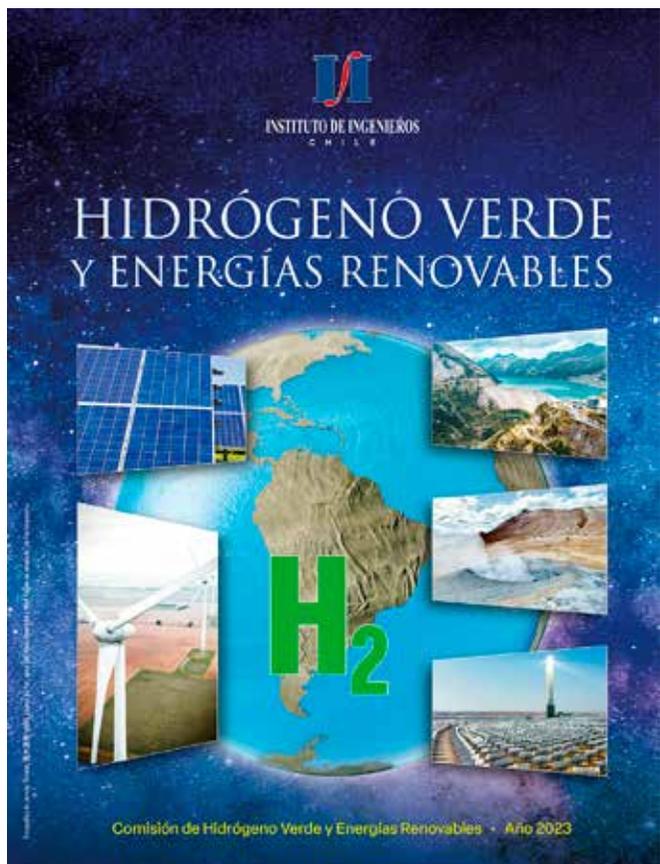


Figura A1

Esta comisión estaba integrada por Javier García, Mauro Grossi, Julio Lira, Germán Millán, Rodrigo Palma, Ana María Ruz, Alejandro Steiner y Rodrigo Vázquez. Afortunadamente pudimos contar con una experta para que no fuéramos todos hombres. Este fue un gran trabajo durante casi dos años (Figura A2).



Figura A2

No voy a hacer una descripción completa del informe, que ha sido bastante difundido. Está en la página del Instituto, pero si quiero tomar algunos puntos relevantes (Figura A3).

ERNC Potencial 2014 v/s Operación 2024

Potencial Disponible	CSP	PV	Hidro	Eólica	Total
Región	MW	MW	MW	MW	MW
Arica y Paracotal	3,31	28,147			47,958
Antofagasta	19,685	114,098			204,883
Atacama	231,471	857,851		4,447	1,293,567
Bío-Bío	1,012	12,717		109	137,923
Coquimbo		1,741		1,000	4,406
Magallanes		84	304		168
Metropolitana			840		840
N. Región			779	51	781
Osorno			2,477		2,127
Riñel			1,677	4,018	2,152
Southern			1,878	2,348	4,198
Los Ríos			1,888	7,394	3,524
Los Lagos			1,888	11,278	4,884
<b>Total</b>	<b>348,478</b>	<b>1,263,487</b>	<b>12,471</b>	<b>43,430</b>	<b>1,854,787</b>

Fuente: Mecaniza Energía, G2 Universidad de Chile año 2014

**0,73%**

Operado	CSP	PV	Hidro	Eólica	Total
	MW	MW	MW	MW	MW
<b>Total en operación</b>	<b>108</b>	<b>8,366</b>	<b>635</b>	<b>4,500</b>	<b>12,609</b>

Fuente: CIE enero 2024

Figura A3

Aquí me baso en un estudio del año 2014 del Ministerio de Energía de la GIZ de Alemania y la Universidad de Chile, con el potencial visto en esa época de tecnología fotovoltaica, concentración solar de potencia, hidro y eólica que nos da 1.864.787 MW de potencia instalada potencial, tomando solamente desde Arica hasta Chiloé. No incluye Aysén ni Magallanes. Ya sabemos que tenemos un gran desarrollo de Hidrógeno Verde en Magallanes.

¿Pero qué tenemos en operación hoy día? 13.619 MW. Este dato es de comienzos de este año. Si agregamos la energía fósil más los embalses y las centrales de pasada, estamos hablando del orden de los 34.000 MW. Es decir, estamos ocupando el 0,73% de la energía potencial que tenemos. Tenemos la gran capacidad de ser un país exportador. Recordemos que el 60% energía primaria que consumimos en Chile es importada. La principal energía nacional del orden del 25% es la leña que contamina las ciudades en algunas fechas.

Acá también quiero mostrar una cifra. La potencia instalada fotovoltaica en diciembre del 2012 era 2,5 MW. En marzo de 2019 era 2.576,1 es decir se multiplicó por 1.000 en menos de siete años y hoy día son 2.197 MW. Este es el desarrollo que tenemos hasta ahora (9.124,0).

Lo que tenemos lo vemos con un sentido de urgencia (Figura A4).



Figura A4

Esta es una industria nueva como Hidrógeno Verde. La industria del Hidrógeno es bastante antigua. ¿Recuerdan esas experiencias de laboratorio de física, con electrolisis, hace más de 50 años atrás? Pero ahora estamos en una competencia mundial, entre muchos países. De acuerdo con la Agencia Nacional de Energía renovable, los mercados que van a comprar Hidrógeno Verde serían la Unión Europea, Sudeste asiático, Japón. Tenemos también una serie de proveedores que podemos ser nosotros, Australia. En Sudamérica ya hay bastantes competidores. Nosotros somos un país que importa energía. Estamos hoy mayoritariamente con energía fósil. Una muestra de ello es la potencia instalada en Magallanes, donde el 91% es fósil. En Isla de Pascua es el 100% y en Aysén es el 59%. No recordemos Hidroaysén, pero la Patagonia chilena tiene generación eléctrica fósil mayoritariamente. Es también en esta industria nueva en que estamos todos en una competencia, todos partiendo al mismo tiempo, porque estamos cambiando de economía de escala. Entonces, es un desarrollo y como país tenemos que avanzar tanto en los temas de institucionalidad, regulatorios como también de empresa. Acá, tenemos la posibilidad de exportar hidrógeno o amoniaco verde. Uno de los desarrollos que se está haciendo son los barcos abastecidos con combustible de amoniaco para el transporte marítimo y ya hay países como Colombia que están pensando en eso porque queda cerca el Canal de Panamá. Pero con la sequía en el Canal de Panamá, debido al cambio climático, podría ser que los barcos se den la vuelta por el Cabo de Hornos, en Punta Arenas y eso sería una gran oportunidad para el País. Recordemos también que, a consecuencia del cambio climático, uno de los países que está en riesgo es Chile y ya hemos visto sequías, aluviones.

Ya mostramos el potencial de energías renovables, tenemos capacidad para exportar y podemos desarrollar una industria nueva para el país.

¿Cuáles son los desafíos y propuestas? (Figura A5).

Institucionalidad y políticas públicas. Continuar con esta política de Estado a futuro porque tanto la política de energía como en la de hidrógeno son políticas de Estado. Han pasado por diversos gobiernos y se sigue avanzando desde energía 2015 a Energía 2050.

En Hidrógeno Verde de 2020 incluye participación ciudadana, para socializar el Hidrógeno Verde. Relevantes es, por supuesto, el conocimiento, el capital humano; entonces,

cómo avanzamos hacia un desarrollo de la educación, no solamente universitaria, sino educación media, educación técnica, para tener profesionales en esta industria ¿Qué capacitación vamos a hacer? Y un tema muy importante ¿Qué reconversión de profesionales? Recordemos que ha habido reconversión de operadores de centrales carbónicas en operadores de centrales fotovoltaicas. Necesitamos técnicos y profesionales. Y acá hay un tema importante no sólo para el país, sino para exportar tecnología y conocimiento. Acá voy a dar una opinión, no es la opinión del Instituto. No repitamos lo mismo que pasa con el cobre. En el caso del cobre, producimos cobre, exportamos cobre, pero importamos tecnología de países con menor producción. Entonces falta como país creer que podemos exportar ingeniería chilena que es una ingeniería de clase mundial y no solamente en los temas sísmicos, sino en distintas especialidades.



Figura A5

¿Cómo atraer inversiones? ¿Cómo desarrollar nuevas industrias? ¿Cómo hacer un desarrollo industrial? ¿Nuevas tecnologías? ¿Cómo resolver los problemas de la ciudadanía? ¿Cómo exportar tecnología?, lo podemos hacer y también crear demanda local, no solamente exportar. ¿Cómo transformar procesos? ¿Cómo desarrollar nuevas aplicaciones? Ya vemos que hay desarrollo también impulsado por CORFO, como el desarrollo de un bus a hidrógeno en Chile. Es decir, podemos hacer cosas y ahí también participan empresas.

Tema de infraestructura compartida. Que las empresas aprenden a compartir recursos, como lo está haciendo ENAP en Magallanes. No tener infinitos puertos, sino poder

compartir un acceso abierto con distintas empresas. Esta es la mentalidad que tiene que cambiar en el país.

Recuerdo cuando partieron las centrales de gas de ciclo combinado y se trató de vender vapor a las industrias cercanas. Cada industria pequeña decía, no, yo tengo mi caldera y no voy a comprar vapor, cuando en Europa existen redes de vapor para calefacción y para las industrias. ¿Cómo abrir la mente para hacer estos cambios e ir avanzando?

Incluir a la comunidad, hacerla participar para el desarrollo de políticas industriales. También tener asociados claves, la Comunidad, la ciudadanía en los organismos de educación, las Pymes locales. ¿Cómo llevar este desarrollo local a través del hidrógeno? Involucrarlos en un desarrollo sostenible, de gobernanza ambiental y social. También los stakerholders, la participación de empresas de todos los tamaños. ¿Cómo ir avanzando?

Esa es la presentación respecto a las conclusiones principales del informe.

Muchas gracias.

### Sr. Hernán de Solminihaç.

—Muchas gracias. Agradezco al Instituto de Ingenieros su invitación y los felicito por el trabajo que hacen, especialmente en el tema de Hidrógeno Verde.

Es muy importante que haya documentación a la que puedan acceder muchas personas para entender y ver la importancia que tiene esta industria, así como los desafíos y aportes que puede hacer a desarrollo del país. A continuación, compartiré una presentación sobre el tema (Figura B1).

Los puntos de esta presentación son (Figura B2):

La importancia del aporte de la empresa privada en el desarrollo de la industria del Hidrógeno Verde en Chile. Una pequeña introducción de la cadena de producción de este combustible y cómo puede participar el privado en esta área. El rol del sector privado, cómo potenciar la industria del Hidrógeno Verde en una alianza con el sector público y, finalmente, algunas reflexiones sobre aspectos necesarios para la operación definitiva de la industria, para terminar con unos comentarios finales.

El Hidrógeno Verde se perfila como una fuente de energía clave para la transición energética a nivel mundial, en la cual Chile cuenta con abundante energía solar y eólica para producirla. Esto demuestra un potencial significativo y competitivo a bajo costo (Figura B3).



Figura B1



Figura B2



Figura B3

¿Qué beneficios tiene? Medioambientales, económicos y energéticos. En lo ambiental, la reducción del CO<sub>2</sub> y la mitigación del cambio climático. En lo económico, generar empleo y nuevas industrias, así como el encadenamiento que pueden establecer algunas regiones para apoyar su producción y exportación. Sobre beneficios energéticos, en tanto, nos permite avanzar en la diversificación de la matriz energética, así como en su seguridad y autonomía.

La cadena de producción parte por el desarrollo de energía (Figura B4).



Figura B4

El Hidrógeno Verde se produce a través de electrólisis del agua, utilizando energía generada por fuentes renovables como la solar y eólica, donde es fundamental el desarrollo infraestructura, un área en que el sector privado puede participar. Las empresas privadas construyen y operan parques solares y parques eólicos, proporcionando la energía necesaria para avanzar hacia la producción del Hidrógeno. También debiéramos ser capaces que el privado avance en inversión en tecnología para que realmente pueda maximizar la eficiencia y reducir los costos de generación de esta energía renovable.

La segunda fase de la cadena producción del electrólisis es el proceso de dividir el agua en hidrógeno y oxígeno, utilizando la electricidad. En este punto es clave que la tecnología sea eficiente, segura y económica en la instalación y operación de la infraestructura para producir hidrógeno. Un tercer punto tiene que ver con el almacenamiento del hidrógeno, donde el privado puede participar en la construcción de recintos que permitan mantener esta energía de forma segura, a través de innovaciones tecnológicas, para luego poder reutilizarla.

Finalmente, tenemos que ser capaces de transportarlo y distribuirlo, antes de su uso final (Figura B5).



Figura B5

Desde que se produce el hidrógeno debe llevarse a los puntos de consumo. Incluir plantas industriales, zonas de servicio de hidrógeno y puertos para exportar. Por lo tanto, el privado puede participar en toda la logística, en el desarrollo de la infraestructura de distribución, para transportar hidrógeno en forma segura. Finalmente, el último eslabón de la cadena es el uso final. El Hidrógeno Verde puede ser usado en distintas aplicaciones, como la eléctrica, combustible para vehículos y materia prima en otros productos industriales, por ejemplo. Desarrollar aplicaciones del uso del Hidrógeno Verde ayudará a este recurso ser competitivo y muy importante para el medio ambiente. Por último, el área de la comercialización, promoción y venta del Hidrógeno Verde es un tema donde la participación de privados sigue siendo clave.

En cuanto al rol de las empresas privadas, hay varios aspectos que me gustaría destacar (Figura B6).

El primero de ellos tiene que ver con la inversión y financiamiento, con el rol de la empresa privada para participar en las distintas etapas de la cadena productiva del hidrógeno. En el tema del financiamiento de proyectos, las empresas deben ser capaces de aportar el capital inicial necesario para la construcción de las distintas plantas. En Chile debiéramos ser capaces de tener inversión nacional y extranjera.

En el punto dos, la innovación y tecnología, es importante que las empresas vayan desarrollando tecnología en conjunto con las universidades y los centros de investigación,

tratando de adoptar las mejores prácticas con la tecnología de punta disponible, adaptándola y produciendo cadenas de valor respectivamente. Para que el privado tenga un buen resultado, creo que la relación con los talentos, la investigación y las alianzas con la industria, son claves para producir dichos cambios en la tecnología que necesitamos en el desarrollo de la industria.



Figura B6

En el punto tres, la experiencia y capacidad operativa, el privado debiera tener capacidad para gestionar adecuadamente los proyectos complejos a gran escala, para asegurar una función eficiente en costo y tiempo. Después, cuando el proyecto ya esté en marcha, debe ser capaz de operar la infraestructura en las distintas etapas de la cadena. También debe poder realizar la mantención necesaria de la infraestructura, para que no tenga dificultad en su operación, y trabajar en la transferencia de conocimiento y el talento local. Como señalaba Cristian, es importante tener presente la reconversión laboral. Este es un tema muy significativo que promueve el desarrollo de habilidades y conocimientos técnicos para la industria.

En el cuarto punto, la creación del empleo y desarrollo económico (Figura B7).

Las empresas debieran ser capaces, una vez que estén trabajando con más energía, de generar empleo y desarrollar nuevas oportunidades laborales en distintas áreas, desde la investigación hasta el diseño, así como desde la construcción de plantas hasta el uso del Hidrógeno Verde. Un desarrollo de la cadena de valor, formando nuevas industrias, que aporten a esta fuente de energía, mediante distintos *cluster* que puedan ser competitivos y ayuden al

desarrollo del país. También hay que generar un impacto positivo hacia las comunidades locales, a través del desarrollo de infraestructura, conocimiento y mejoramiento de la calidad de vida, entregando oportunidades económicas en la zona donde están ubicadas, tanto en la generación como la producción y utilización del hidrógeno.



Figura B7

En el quinto punto, asociado a la sostenibilidad y responsabilidad social, las empresas privadas deben tener un compromiso ambiental. Por lo tanto, deben invertir en tecnologías limpias y sostenibles que contribuyan a la disminución de la huella de carbono y a la mitigación del cambio climático.

La responsabilidad social corporativa exige compromiso, asegurando prácticas éticas sostenibles en toda la cadena de valor de la industria, así como la participación de las comunidades en los proyectos de Hidrógeno Verde. La idea es que tengan un impacto positivo y sean bien recibidos por todos, y sean realmente un aporte en la región donde se esté implementando alguna etapa de la cadena de valor del Hidrógeno.

El siguiente punto es como potenciar la industria del Hidrógeno Verde con esta alianza que debería existir con el sector público privado (Figura B8).

El primero, es el desarrollo de un marco regulatorio favorable. Se ha estado trabajando en este tema, que requiere una política lo más clara y estable posible, para que realmente todos los involucrados puedan invertir. En este desafío, es fundamental que existan incentivos fiscales y una regulación ambiental clara, que promueva la producción sostenible del

Hidrógeno, asegurando altos estándares medioambientales y que no vayan cambiando tanto en el tiempo. La idea es que los distintos elementos puedan ser acordados, considerando las normas.



Figura B8

El segundo punto corresponde a la financiación y apoyo económico. A través de CORFO se pueden precisar algunos elementos relacionados al financiamiento y el apoyo económico para el desarrollo de la industria en esta alianza público-privada.

El tercer punto es la promoción de la investigación y desarrollo (Figura B9).



Figura B9

Esperamos que los centros de investigación, tanto a nivel nacional como regional, puedan implementar algunos elementos de la industria y tener dicho conocimiento que

requiere la empresa para seguir avanzando en el desarrollo del Hidrógeno Verde.

En el cuarto punto, abordamos el desarrollo de la infraestructura, como la red de transporte, el almacenamiento y la industria portuaria.

El quinto punto fomento de la demanda y creación de mercados (Figura B10).



Figura B10

Es importante una industria y un proyecto competitivo. Tenemos que ver cómo promocionamos sectores como el transporte y la generación energética, así como las iniciativas que permitan implementar esta política pública. La educación también es importante, tanto a nivel técnico como profesional. Además, los trabajadores y la comunidad deben conocer las características y los beneficios de esta industria.

Punto 6, fomento de alianza y colaboración público-privado. La plataforma de colaboración y de proyectos piloto, mostrarán rápidamente los resultados de esta industria para que la gente las conozca y las pueda vivir.

Punto 7, internacionalización y exportación. Ver cómo podemos seguir avanzando para que Chile pueda ser conocido, respetado y se compre tanto el producto como la tecnología que se vaya desarrollando, para avanzar respecto al conocimiento mundial del Hidrógeno Verde que se produce en Chile. La información tecnológica que deberíamos tener y la gente.

Hay que trabajar también la reducción de las barreras comerciales.



los incentivos económicos, el desarrollo tecnológico, la capacitación, la reconversión laboral y la creación de mercado para este interesante producto (Figura B14).

Muchas gracias.

### Sr. José Miguel Benavente.

—Muchas gracias Cristian, Juan Carlos y a Hernán por su ilustrativa presentación. Cubrió enormes ámbitos que a través de las preguntas podemos profundizar. Agradezco la invitación del Instituto de Ingenieros de Chile y como Juan Carlos decía, este es una institución que, a través de más de 130 años, ha estado preocupada de levantar y profundizar temas relevantes a nivel industrial y productivo de Chile, no solo hoy, sino que también aborda aquellos que se avizoran a futuro y qué mejor ejemplo que el caso del Hidrógeno Verde. Porque como decía Hernán en sus comentarios finales, es una industria que está recién partiendo y el informe del Instituto va en la misma dirección. Es un gran desafío pensar cómo se van articulando las distintas piezas y partes, particularmente el rol del sector privado y las dimensiones que Hernán mencionó. El sector público, que tiene muchas dimensiones como el tema regulatorio, formación de competencias, promoción productiva y algunas oportunidades que no tomamos en el pasado, asociadas a los recursos naturales y que esta vez tenemos la intención de movernos en esas direcciones, es el tema que le compete a la CORFO y de lo que quiero conversar hoy día.

Voy a compartir una breve presentación para entender la industria del Hidrógeno Verde, mirada desde los ojos de la política pública (Figura C1).



Figura C1

Hay muchas formas en que uno puede pensar cómo está estructurada hoy día y sabemos que hay algunos avances. En el chat mencionaban que hoy ingresó uno de los proyectos más grandes que pudo haber entrado al sistema de evaluación de impacto ambiental en la historia de Chile por US\$11.000 millones y es un proyecto de inversión de Hidrógeno Verde. Para que tengan una idea, ayer salió la noticia de un proyecto de la minería Freeport por US\$7.500 millones. Esto es mucho mayor de lo que ayer ya fue una gran noticia en el sector de la minería de cobre, en la ampliación de el Abra. Este proyecto de Hidrógeno Verde por US\$11.000 millones, probablemente con muchas ventajas que vamos a discutir, nos puede permitir diversificar nuestra economía, ampliar nuestras ofertas de empleo generar oportunidades a través de la inversión del sector privado y visibilizar a Chile como un jugador relevante a nivel mundial de soluciones para atender el cambio climático, que hoy día no solamente enfrenta Chile, sino todo el mundo.

La estructura de esta presentación está formulada en cómo, desde el punto de vista de la política pública, estamos impulsando el desarrollo de esta industria (Figura C2).



Figura C2

Lo primero que me gustaría mencionar y ya lo decía Hernán es que este es un sector nuevo y los más viejos recordarán que Chile está poco acostumbrado a desarrollar un sector nuevo en general. Nuestra historia nos muestra que hemos impulsado algunos sectores que ya han sido o son relativamente conocidos en otros lugares del mundo y nosotros mediante mecanismos de adopción tecnológica, mejores prácticas y de la inversión extranjera directa, hemos incorporado esos conocimientos; esa tecnología para aprovechar los recursos naturales que son tremendamente importantes

para la minería que es clave y la agroindustria en general. Hemos sido un país que ha ido en una segunda o tercera línea en el desarrollo de ciertos sectores. Esto nos ha generado oportunidades de riqueza y empleo indudablemente, pero el punto que quisiera resaltar acá es que cuando se es pionero, cuando se está desarrollando algo nuevo y en el mundo varios están desarrollando algo nuevo, como es este caso, hay temas de aprendizaje. No solo desde el sector público sino también desde el sector privado, cómo ir desarrollando y estructurando un sector como este.

La segunda característica que tiene este caso del Hidrógeno Verde, desde el punto de vista de la mirada industrial es que efectivamente hay oportunidades. No sólo de desarrollar la producción de energía verde y limpia a un costo marginal, relativamente bajo, lo que ya nos da ventaja comparativa para poder desarrollar el resto de la cadena como hidrógeno, amoníaco y otros productos, sino también nos da la oportunidad de desarrollar encadenamientos productivos alrededor de este sector.

Esto creo que es un aprendizaje, ya que en nuestra historia no hemos podido generar estos encadenamientos productivos, pero hoy tenemos la ventaja de tener tiempo para hacerlo. Esto incluye, como bien decía Hernán, la generación de encadenamientos, formación de competencias y capital humano que van a estar asociados a estos proyectos. Temas de inversión tanto nacional como internacional, para apoyar estos encadenamientos y también como esta oferta de energía limpia del hidrógeno, no sólo nos puede permitir generar un sector exportador tremendamente importante con una demanda que crece en el mundo, sino también la posibilidad de descarbonizar nuestra propia economía, nuestros propios actores productivos, como la minería, la agroindustria y otros sectores intensivos en energía. Estos sectores van a verse forzados a hacer esa transición, porque hay una creciente penalización, a través de mecanismos que ustedes conocen, para ir moviéndose desde el uso de energía fósil hacia energías limpias. Esto va a generar una oportunidad en sectores proveedores de esas soluciones, que van a apoyar esa transición energética en sectores tradicionales.

Una tercera dimensión del desarrollo de la industria de Hidrógeno Verde es lo que estamos haciendo durante esta administración. Hernán también participó en este consejo estratégico y creo que es importante tener una mirada más de Estado respecto al desarrollo de este nuevo sector,

porque por sus características no se desarrolla en una, dos, ni tres administraciones, sino en muchas. Por esta razón, una de las señales importantes es dar consistencia temporal al compromiso que tiene el país de sacar adelante una estrategia de estas características.

Esta estrategia fue uno de los primeros pasos y la estructuración de la misma en términos de visibilizarla, ponerle número, darle metas, fue desarrollada durante la administración anterior. Lo que hemos hecho en esta administración, es mantener esa estrategia y realizar la bajada operativa, que es importante desde el punto de vista de la política pública, en alianza con el sector privado y a través de este plan de acción, que no solamente cubre esta administración sino algunas a futuro, de tal modo de darle una consistencia a través del tiempo, para que se vaya desarrollando una industria. Obviamente, en el proceso hay un aprendizaje importante como bien dice el documento del Instituto. Este también es un proceso que está ocurriendo en otro lugar del mundo a velocidades distintas y eso genera oportunidades y amenazas, entonces lo primero en el contexto del desarrollo de esta industria del Hidrógeno Verde creo que es resaltar esta mirada más de Estado respecto al desarrollo de la misma, la colaboración público-privada, a través de las dimensiones que mencionaba Hernán de Solminihaç.

Una pregunta que siempre surge es ¿por qué estamos haciendo esto? Alguien podría decir que estamos eligiendo un sector que tiene ventajas basadas en términos de costos marginales de producción porque, por ejemplo, tenemos una ventana enorme por la radiación y factores de planta, sobre todo en aéreas del sur, útiles para la producción en base eólica. Yo creo que lo más importante de destacar, que ya venía de la estrategia anterior y que nosotros la hemos reforzado, es que también está asociado con un compromiso de descarbonización de Chile y eso relevante, porque para que todo este desarrollo tenga un arraigo dentro de la cultura, la idiosincrasia y que se haga parte de una sociedad, es que la ciudadanía vea que es algo que le interesa, le importa, le puede generar oportunidades, no sólo económicas sino también de cuidado medioambiental. Es ese el contexto que hace que exista una mayor facilidad y continuidad en este tipo de políticas públicas, independiente del gobierno que esté de turno. Esta es una diferencia notable con respecto a lo que históricamente Chile ha hecho en distintas etapas de su historia y que de alguna manera pone al ciudadano al centro y si además tiene que ver con un tema de descarbonización, es clave. Entender que el desarrollo

de la industria del Hidrógeno Verde no solamente genera todas las oportunidades que ya conocemos y algunas que vamos a explicitar ahora, sino también esta sociedad más funcional, la descarbonización, el compromiso que tenemos como país y que el documento del Instituto deja claro es la descarbonización de Chile para el 2050. No deberíamos perder de vista esa dimensión que es clave.

Acá está la estrategia que venía de la administración anterior con un horizonte hasta el 2030 (Figura C3).



Figura C3

Algunas de ellas se han cumplido, algunas están a medio camino, algunas son más complejas, pero era la información disponible cuánto se hizo esto hace cuatro o cinco años atrás, en función de la evolución de los mercados internacionales. Hay hitos muy concretos con respecto a inversiones, capacidad de producción, tanto para el año 2025 como 2030 que son desafiantes y hay un rol del sector público en algunas dimensiones, pero como bien decía Hernán aquí hay un rol muy importante del sector privado en varias dimensiones que vamos enseguida a estructurar. Este es un *slide* que presentaba el ministro Jobet de energía de la administración anterior, que nosotros hemos hecho propio, en términos de indicadores de algunos hitos, pero que se ha estructurado operativamente en un plan.

En particular, en esta administración, nosotros queremos enfatizar el tema de que este es el desarrollo de una industria de Hidrógeno Verde, que no sólo apoya a la sustentabilidad, sino que en sí misma es sostenible (Figura C4).



Figura C4

Esas son dos distinciones importantes: una la evidente, de que la generación de energía o vehículos energéticos, como muchas veces se utiliza el Hidrógeno Verde o amoniaco, potencialmente está orientada a ayudar a descarbonizar Chile y el mundo. En sí, el proceso tiene que ser sostenible en varias dimensiones, una de ellas es la sostenibilidad ambiental y social que esto requiere. Hoy la forma en que se desarrolla una industria nueva no es con una mirada *top down* de arriba hacia abajo, de una autoridad que impone y decide empujar una industria con estas características, sino también cómo incorpora a la sociedad civil organizada en este proceso. Vamos a hablar de esto más adelante, pero ya lo decía Hernán, es fundamental cómo se incorpora la voz de los que están en el territorio para el desarrollo de esta industria y sus encadenamientos, no porque sea una voz que esté en contra, aunque hay algunas que sí lo están, por buenos motivos y se deben atender y ver cómo se mejora y ver los efectos que puede generar en el territorio este tipo de desarrollo industrial. Para ilustrar el punto, del trabajo que hemos hecho hoy día en el territorio, particularmente en la zona de Punta Arenas, cuando uno les pregunta a los ciudadanos de esa ciudad, respecto al desarrollo, ellos ven muchas oportunidades de empleo, de evitar migraciones, que se vaya gente de Punta Arenas a otros lugares, pero también ve amenazas y algunas de estas amenazas son razonables y muy importantes. Uno tiene que dar cuenta de ellos en el desarrollo de esta industria. Por ejemplo, los indicadores de calidad de vida más alto de Chile están en Punta Arenas y la gente que vive ahí no están disponible a que aumenten los tacos dentro de la ciudad, de que los arriendos sean más altos y que los pasajes de los aviones sean más caros. Esto es así de práctico, ellos ven que puede tener impacto sobre todo en la etapa de construcción del proyecto y esto llama a

ser más sensible y empático con el desarrollo, para que sea viable y ver la solución que no pasa necesariamente por el desarrollo de los proyectos, sino entender que acá también hay un desafío desde el punto de vista de la organización del territorio, lo que en general en Chile y ustedes los más antiguos estarán de acuerdo conmigo, muchas veces no ha sido considerado en el desarrollo de un nuevo sector y este es un elemento clave, sobre todo la participación de la sociedad civil en el territorio.

Lo tercero, que también quería enfatizar, es que en esta administración también estamos buscando desde el punto de vista de sustentabilidad, que esto no se transforme en lo que técnicamente los economistas llamamos economía de “enclave”. Es decir, que sea un recurso natural, que tenemos la producción Hidrógeno Verde y sus derivados y los podemos usar para consumo local o exportar, pero que también genere encadenamiento productivo vinculado con el desarrollo de este sector, que genere oportunidades de conocimiento, transferencia tecnológica, empleo directo o indirecto. No ha estado en el radar de la política pública este recurso durante los últimos 40 años en Chile, ya que se están empujando sectores tradicionales y por ello podemos perdernos la oportunidad.

Ahora veremos lo que nosotros estamos impulsando en esta administración y particularmente desde los ojos de CORFO, en el sector de la industria de Hidrógeno Verde (Figura C5).



Figura C5

Lo primero para el desarrollo industrial, es disponer de una oferta de Hidrógeno Verde. Los números que tenemos son en función de los proyectos informados públicamente.

Como ejemplo, podemos mencionar la buena noticia que recibimos en la mañana. Este es un sector donde el tamaño de las inversiones es inmensamente importante en términos de montos financieros.

Si uno junta las dos zonas geográficas (Magallanes y Antofagasta), esto es una industria que, si bien está comenzando a surgir, potencialmente de aquí a unos seis o siete años más puede llegar a números cercanos a los US\$155 mil millones de inversión, números que son más grandes que los que tiene hoy día la industria. Para tener una idea de lo que estamos hablando y esto no sólo basado en los dos mecanismos asociados a la generación de energía verde: los paneles solares y aerogeneradores, sino también todo lo que tiene que ver con la producción misma de Hidrógeno Verde y sus derivados, como el amoniaco (NH<sub>3</sub>), que requiere un proceso químico, cuya tecnología, aunque conocida, necesita ser adaptada a las condiciones locales, son los nuevos desafíos.

Quisiera resaltar el rol de la política pública en el caso del financiamiento. Si bien en una industria establecida en el mundo hace que la participación privada del financiamiento sea más fácil, cuando se trata de la tecnología de un sector nuevo, el financiamiento privado no surge tan espontáneamente y, por lo tanto, en esta etapa son importantes las señales del mundo público de acompañamiento y cofinanciamiento de proyectos que buscan rentabilidad privada con los recursos públicos. Por ejemplo, a fines de este año, CORFO va a lanzar un *facility* de Hidrógeno Verde que, con el apoyo del Banco Mundial, del KfW alemán, del Banco Europeo de Inversiones, de la CAF y con recursos propios de la CORFO, vamos a hacer un fondo de financiamiento de US\$1.000 millones con distintos instrumentos, a través de garantías, préstamos a segundo piso, etc. Esto para empujar mediante créditos, que, junto con el financiamiento privado, apoyen el financiamiento de la etapa temprana de proyectos de esta categoría. Esto es fundamental, porque si bien la participación del financiamiento público, a través de *facility* es relativamente marginal, por los montos involucrados, consideremos que un sólo proyecto alcanza US\$11.000 y este fondo va a tener US\$1.000 millones, ya que como máximo es un 10% a través de garantías y préstamos de segundo piso. Esto es una señal del sector público, del compromiso de desarrollo de esta industria, porque los recursos que están involucrados en este *facility*, se debe devolver a los multilaterales y eso es una señal de que el sector privado financiero reconoce la importancia para el desarrollo de la

misma. Este es un solo caso del tema del desarrollo de una oferta, la cual no necesariamente va a estar orientada a la exportación y los números que tenemos nosotros apuntan a que cerca de tres cuartas partes de la producción de los derivados de Hidrógeno Verde, particularmente amoníaco, están orientados al mercado internacional.

El segundo punto que nos interesa y que nos cuesta mucho desarrollar, es la reconversión nacional para reincorporar este tipo energético en sectores tradicionales de nuestra estructura productiva como la minería, la agroindustria y el transporte. Lo cual va a requerir los proveedores tecnológicos para realizar la reconversión, donde es importante la oferta desde el punto de vista de los servicios de ingeniería. La pregunta es ¿por qué la industria se va a tener que reconvertir? En realidad, va a tener que hacerlo por dos motivos: efectivamente va a ser cada vez más difícil para el sector tradicional Chileno exportador, particularmente la minería y agroindustria, así como otras industrias, esquivar el costo alternativo por concepto de impuestos o barreras arancelarias o comerciales que los países ya están implementando a través del trazado del contenido de CO<sub>2</sub> en nuestras exportaciones y eso es un elemento que ya se está aplicando en los países europeos y viene de todas maneras. Hoy día, el cobre ya no es cobre estándar que se transa en la bolsa de Londres, sino también el cobre verde, el acero verde y otros productos que el informe del Instituto explicita claramente. Esta es una oportunidad para el desarrollo de estos proveedores tecnológicos y es importante hacerlo notar, porque cuando uno ve la historia de otros sectores, de otros países, como el sector de la minería en Australia, que lo hizo junto con los proveedores tecnológicos de la minería mediana o una minería grande. Esto nos da una oportunidad desde el punto de vista industrial, del desarrollo de competencias y capacidades que van *Pari passu* entre el sector industrial tradicional, como la minería y agroindustria y un sector de proveedores basado en ingeniería y conocimiento que va a ayudar a esta transición.

Una tercera oportunidad es que hoy en este contexto de la transformación energética que está ocurriendo a nivel mundial, se abren oportunidades de nuevas exportaciones o la atracción de nuevos sectores a Chile, que antes estaban fuera de nuestro radar. Sectores intensivos en energía, como el cemento, el acero y el vidrio que son tremendamente intensivos en energía y dadas las circunstancias de la organización industrial, muchos de ellos estaban cerca de los mercados finales. Hoy día, hay un movimiento cada vez más

fuerte e incluso la geopolítica está ayudando, en el buen sentido, de que cada vez estos tipos de sectores se van a ir acercando a las fuentes de energía verdes, necesarias para la transformación de estos sectores tradicionales. Además, estos sectores generalmente son emisores de CO<sub>2</sub> y si bien parte de su proceso productivo puede ser transformado en la parte energética, hay otras partes que van a seguir emitiendo y, por lo tanto, necesitan neutralizar ese CO<sub>2</sub>. Por lo tanto, cuando uno pone cerca de sectores que necesitan CO<sub>2</sub>, como puede ser por ejemplo aquellos vinculados a los combustibles sintéticos, que en Chile ya tenemos la primera planta compacta de producción de combustible sintético del mundo en Magallanes, obviamente, esto genera incentivos para una relocalización de ciertas industrias, como el cemento, el acero y el vidrio, donde países como Chile pueden ser interesantes para esa relocalización. Un tema creciente e importante desde el punto de vista del desarrollo industrial de un sector nuevo, tiene que ver con los datos. Todos hemos escuchado sobre la inteligencia artificial o sistemas financieros como *bitcoin* u otros. Algunas características de este tipo de tecnología es que son intensivas en datos y en infraestructura de datos, más conocido como *data center* y los *data center* son intensivos en energía. Más del 10% del consumo actual de energía del mundo está asociado a *data center*. Chile tiene una oportunidad de instalación y se está haciendo hoy una gestión desde el punto de vista de las políticas públicas, donde perfectamente podemos tener una política muy parecida a lo que hicimos con los observatorios astronómicos, donde ofrecimos un lugar ideal para la instalación y, a la vez, se generó el encadenamiento productivo y conocimiento a nivel local, que da muy buenos resultados hoy.

Nosotros entendemos el punto de vista industrial, el Hidrógeno Verde, primero, es un gran desafío; segundo es una oportunidad de aprendizaje, siendo pionero como otros países y, tercero, da la oportunidad de desarrollar una oferta basada en dos ventajas comparativas evidentes que tiene Chile: el costo marginal de producción y la ventaja no tan evidente, pero importantísima que, a diferencia de Europa, tenemos espacio para instalar esta capacidad. Lo importante es generar encadenamientos productivos, porque esto da la oportunidad de transferencia de conocimiento, generación de empleo de calidad y conocimiento que se puede utilizar potencialmente en otros sectores, entre ellos el desarrollo de proveedores tecnológicos para la reconversión de sectores tradicionales de Chile, como la minería. También da la oportunidad de ser atractiva para

otros sectores y ahí está otro mecanismo de encadenamiento como pueden ser sectores intensivos en energía que cada vez se van a acercar más geográficamente a aquellos lugares donde se va generando esta energía verde.



Figura C6

Todo esto configura un desafío enorme, que traspasa varias administraciones, en que cada una de ellas haya aportado a este camino. La idea es que los números hacia el 2030 y algunos hacia el 2050 muestren que efectivamente esto se transforme en un sector que no solamente de oportunidades de mejora de empleo, encadenamientos productivos, conocimiento y otros elementos que se mencionaron previamente, sino también una oportunidad para que Chile pueda poner al ciudadano en el centro, avanzar hacia la descarbonización de nuestro país, lo que contribuye al bienestar de todos los ciudadanos (Figura C6).

Muchas gracias.

*A continuación de las conferencias, los asistentes realizan comentarios y consultas. Se reproducen las más relevantes.*

*El Sr. Cristian Hermansen hace de moderador.*

### **Sr. Hernán Guerrero.**

*—Quisiera recibir sugerencias de parte de tan destacados expositores para implementar en la mina de San Pedro, un piloto industrial en sus actuales operaciones. Tiene 300 ha. de terreno apto para ello, para producir amoníaco verde, considerando que es factible ampliar la generación de 3 mega*

*a 20 mega. Los insumos para dicho proyecto son agua, sol y aire atmosférico, los tres disponibles en la zona de Til Til. Considerando que, como insumo, sólo en el caso del agua hay un cargo menor. Destaca que este proceso productivo genera cero residuos y permite la formación de sus productos verdes y obviamente Hidrógeno Verde.*

### **Sr. Hernán de Solminihac.**

—Yo lo agregaría la línea de trabajo, porque hoy la industria minera ha ido agregando más valor al trabajo y dando más sustentabilidad. Creo que el paso siguiente puede seguir esa línea con las recomendaciones que ha dado José Miguel. La gracia es que cuando hay una persona, una institución o una empresa que tiene desafíos de innovación y de seguir avanzando, es la parte principal para lograr los resultados finales. Así que solo motivarlo a que siga trabajando y aprovechando las distintas instancias que están en el ecosistema y que se están armando en Chile.

### **Sr. José Miguel Benavente.**

—Uno de los fenómenos que hemos visto recientemente en Chile, para bien, es determinar la puerta uno toca cuando está comenzando a desarrollar esto. Ha habido un esfuerzo importante, justamente porque estamos en la etapa de ser pioneros, en que no tenemos un camino completamente claro por dónde transitar y vamos descubriendo elementos, oportunidades y problemas que tenemos que ir resolviendo entre todos. El grado de asociatividad que uno observa en el sector privado, para sacar adelante estos proyectos, personalmente me parecen loables. Hay instituciones como H2Chile que han estructurado un procedimiento para vincular a distintos actores del sector privado en distintas etapas de la producción de Hidrógeno Verde y sus derivados, para ir generando este aprendizaje colectivo de experiencias, en la cual hay una oportunidad de aprendizaje para todos. Eso respondería en parte la pregunta de qué puerta tocar o a quién acercarse, para aquellos que están en el sector privado.

Me gustaría transmitir el mensaje que en el sector público hemos hecho un trabajo análogo. CORFO creó un comité de Hidrógeno Verde, qué está compuesto por once ministerios, incluido nosotros mismos, en el cual estamos resolviendo un problema público para hacer esta complementariedad

con el sector privado. Esto tiene muchas dimensiones, incluida la formación de competencias, capital humano, infraestructura común, temas regulatorios y de financiamiento, que son menester del sector público. A diferencia de lo que he visto en otros lugares, tanto públicos como privados, donde generalmente se da ex post, después de un tránsito relativamente independiente, aislado de instituciones tanto público como privadas y en este caso creo que está pasando exactamente al revés. Esto es una buena noticia, no solamente para los que están participando y para el aprendizaje de aquellos nuevos que quieran participar, saber dónde tocar una puerta para tener ese apoyo, ese conocimiento para desarrollar este sector, que está en una etapa embrionaria todavía.

### **Sr. Juan Pablo Sanhueza.**

—¿Cuál es el grado de desarrollo, en transporte, de almacenamiento de hidrógeno en Chile, sistema de tuberías, normativa, medios de almacenamiento, estanques, contenedores con respecto al proyectado?

### **Sr. José Miguel Benavente.**

El Informe del Instituto de Ingenieros de Chile es muy completo en ese aspecto, pero yo creo que la frase interesante es “con respecto a lo proyectado”, porque una cosa son los ámbitos, el uso compartido, la infraestructura, el tema de los puertos, tuberías, ductos, temas regulatorios y normas. El informe da bastantes avances respecto a las normas. Efectivamente, hemos ido avanzando en varias dimensiones, con respecto a los proyectados en materia estratégica y lo que está en el plan, pero hemos encontrado ciertas dificultades por ser pioneros. Quiero insistir en eso, acá no hay un camino perfecto en el que uno camina y conoce la senda, sino que en esta etapa la vas construyendo, porque no tenemos la experiencia de desarrollar un sector nuevo desde el comienzo. El tema de los permisos es un tema que se ha levantado no solo en la industria del Hidrógeno Verde, sino también en otros sectores y como ustedes saben hay un proyecto de Ley en el Congreso, que busca mecanismos institucionales regulatorios, normativos y procedimentales. Hay elementos que se debe, respetar, como los que la ley contempla. Lo segundo, en la misma dirección, es el fortalecimiento de la institucionalidad pública. Como

CORFO hemos acompañado a través de un programa presupuestario que se llama “Desarrollo productivo sostenible”, que apunta a fortalecer las capacidades institucionales de las entidades que ven los permisos en todo en el territorio y en particular la II y XII Región. Apoya en términos de competencias técnicas y mayor dotación de gente, porque viene una avalancha de proyectos complejos, como el que ingresó hoy en la mañana por US\$11.000 millones, que tiene diez elementos y el más pequeño es hacer un puerto, para que vean la escala de lo que estamos hablando. Esto requiere capacidades técnicas dentro de las instituciones que tienen que regular. ¿Cuáles son los ámbitos? Creo que el informe es extremadamente detallado, les sugeriría leerlo. Respecto a cómo hemos ido avanzando, el plan muestra los avances, los obstáculos que se han ido encontrando y los mecanismos de solución que hemos adoptado.

### **Sr. Fiapo Chacón Luna.**

—Con respecto a preguntas de investigación y desarrollo ¿cuán importante es para las industrias públicas y privadas el desarrollo industrial productivo de Chile? Esto, ya que según estadísticas Chile invierte sólo el 0.2% del PIB y los países desarrollados más del 2% del PIB.

### **Sr. Hernán de Solminihac.**

—Esto no es solo para la industria del Hidrógeno Verde, sino en general. Nosotros podemos tener más desarrollo e innovación, y para lograr tener los cambios que la industria requiere son claves las alianzas entre los distintos *stakeholders*, que están involucrados en el desarrollo de la tecnología. Por lo tanto, es importante una buena relación entre la industria, las universidades y el apoyo del Estado para seguir en esa línea. Creo que en las universidades debemos trabajar bastante. La pregunta es qué necesita la industria y cómo yo, con mis competencias, resuelvo su problema. Si hacemos ese cambio de *switch* en las universidades podemos tener un cambio significativo para salir adelante. Por otro lado, las industrias quieren soluciones a corto plazo, por lo que también debemos cambiar esa mirada, ya que si bien, se debe resolver a corto plazo, lograr cambios requiere más tiempo e investigación. Esto es un trabajo conjunto entre la industria y las universidades, y con los aportes de fondos del Estado para llegar al resultado final.

**Sr. José Miguel Benavente.**

—Estoy de acuerdo con Hernán de Solminihac. Si vemos las cifras, Chile gasta 0,34% del producto PIB en I&D y el promedio de los países de la OCDE es 2,4 ó 2,5. Pero la gran diferencia que tienen los países la OCDE respecto a nosotros es exactamente el punto del que hablaba Hernán. No es un tema de esta administración ni de la pasada, el apoyo de la política pública a la tecnología en Chile, desde la creación de Conicyt el año 67, ha sido muy orientada a fortalecer las capacidades en las universidades para desarrollar investigación lo cual es importantísimo. Que esta investigación se pueda aplicar y alguien que la pueda comprar está bien, pero es la mitad de la historia. La otra mitad y que incluso conlleva mayores recursos es al revés. Es decir, cómo un sector privado es capaz de estructurar problemas, no soluciones. Problemas, en los cuales el mundo científico y tecnológico, incluso de empresas privadas, ofrecen el conocimiento y soluciones que el mundo privado requiere y esos espacios en Chile no los tenemos. La política pública no lo ha desarrollado y parte del rol que estamos desempeñando en CORFO, en el ámbito de la ciencia y la tecnología, es seguir fortaleciendo y desarrollando ese conocimiento liderado por el mundo científico y al mismo tiempo fortaleciendo la demanda, a través de centros tecnológicos. En este momento tenemos abierta una convocatoria para un centro tecnológico de Hidrógeno Verde en Magallanes, donde el Estado va a poner diez millones de dólares por un período de seis años; la idea es que el sector privado se manifieste con problemas y desafíos en los cuales el trabajo científico y tecnológico de las universidades y de privados sea funcional. Esto tiene que ver con un cambio cultural e incluso con un cambio en la forma cómo se evalúan las universidades, que les permita cumplir ese rol. Cuando uno mira la experiencia de otros países, esto trae aparejado que el gasto en I&D y el gasto privado aumenta. En el caso del Hidrógeno Verde hay muchos desafíos desde el punto de vista científico-tecnológico, entre ellos las nuevas tecnologías de electrolizadores que hagan que los costos marginales de producción sigan bajando, sino el Hidrógeno Verde no va a ser competitivo. Nuevos materiales para la construcción de aerogeneradores., los antiguos eran de cemento, hoy son de acero y potencialmente se pueden hacer de madera. ¿Cómo se adapta esta tecnología a las condiciones particulares de Chile?, con vientos fuerte o incluso incorporar tecnologías más amistosas. Por ejemplo, una problemática que tenemos es el caso de las aves, el uso

del agua en el contexto de Magallanes o la radiación solar intensa en el norte que hace fundir o reducir la vida útil de paneles solares, debido a que su diseño originalmente estaba orientado a otros lugares. Todo esto lleva a la necesidad de que el sector privado sea capaz de estructurar problemas y con el sector público, como lo estamos haciendo a través de estos centros, principalmente de CORFO, haya una oferta de conocimiento para atender esta demanda y esto trae aparejado un aumento de la I&D y particularmente el financiamiento privado del mismo.

**Sr. David Lara.**

—*Si bien se habla de exportación energética, costos energéticos más bajos, encadenamiento de sectores y poner a la sociedad en el centro. ¿cómo esta abundancia energética puede involucrar a la sociedad civil que se ve afectada actualmente por el costo energético, contaminación del aire y bajo confort térmico?*

**Sr. Humberto Peña.**

—*Chile tiene grandes ventajas comparativas en la producción de energía. Sin embargo, presenta la desventaja de la lejanía respecto de los principales países desarrollados y su demanda. ¿Es una limitación relevante? ¿cómo se resuelve?*

**Sr. Hernán de Solminihac.**

—Dos puntos fundamentalmente. No sólo hay que preocuparse de la exportación, también hay que preocuparse del entorno, la inserción de la industria, la participación ciudadana y que constituya un aporte a la región en particular, con trabajo y cuidado del medio ambiente. En la actividad que participé en el comité estratégico de Hidrógeno Verde, abordamos este tema y consideramos estos aspectos para que el impacto que se genere en la zona no sea negativo, sino también una mirada positiva, mitigando los aspectos que puedan ser más complicados. La exportación y el transporte son claves para llegar en forma competitiva. Debemos ser capaces de producir Hidrógeno Verde, transportarlo y almacenarlo. Eso requiere innovación y desarrollo tecnológico que debe ser materializado para ser competitivos en el precio en el puerto de destino del uso de la energía.

**Sr. José Miguel Benavente.**

—Con respecto al primer punto, efectivamente en este trabajo que hemos hecho con la sociedad civil organizada ilustré las principales preocupaciones, pero el trabajo que hicimos con las regiones de Antofagasta y Magallanes mostraba que había oportunidades más directas, como generación de empleo y encadenamientos. Esto es particularmente relevante para las empresas de menor tamaño, Pymes que están vinculadas de distinta manera al desarrollo de estos sectores. También los ciudadanos que no forman parte de una cadena productiva, en una dimensión más social y colectiva, tienen la idea de que este es un mecanismo que ayuda a ciertas zonas geográficas a descarbonizar y la meta es que Chile entero se descarbonice. Este es un tema importante porque las personas saben que ayuda a su salud y bienestar.

Lo segundo es el acceso al conjunto de bienes y servicios que, dada la escala, ya que los economistas planteamos, el costo marginal puede ir cayendo, por ejemplo, en Magallanes o San Pedro de Atacama, la energía en ambos casos se produce en base fósil y el costo es elevadísimo. El hecho de tener la oportunidad de producir energía verde y a costo marginal más bajo, entre otras externalidades, desde el punto de vista del consumo doméstico, genera también una ventaja en el bienestar. Lo tercero y el informe lo menciona, incorporar hidrógeno y mezclarlo con gas natural en las mismas tuberías domiciliarias, tiene la ventaja desde el punto de vista de que el hidrógeno puede ser más barato, tiene condiciones de seguridad y efectos positivos en la contribución a la reducción de carbono. Esta es una dimensión, es que la sociedad en su conjunto les puede beneficiar. Con respecto al segundo punto, la ventaja potencial que tiene en Chile desde el punto de vista de la producción de energía, tenemos la desventaja del costo del transporte, por lo tanto, hay que buscar esta eficiencia. Si bien han ido bajando los costos de producción, necesitamos seguir bajándolos, a través de nuevas tecnologías de electrolizadores, nuevos mecanismos más eficientes de acumulación de energía para la producción y el litio juega un rol importante y más adelante podemos vincular Hidrógeno Verde y Litio. Para que nuestra ventaja efectiva de radiación y capacidad de factor de planta en aerogeneradores y viento, compensen las distancias que tenemos respecto a mercados internacionales y los números que he visto son consistentes con eso.

**Sr. Cristian Hermansen.**

—Agrupando varias preguntas. ¿Cómo ven ustedes la competencia internacional?

**Sr. Hernán de Solminihaç.**

—Las distintas administraciones debieran tomar la posta y avanzar con una mirada de Estado, que vaya más allá de los gobiernos de turno. Esta experiencia que tenemos acá debemos aprovecharla para que los distintos gobiernos pueden tomar la posta en iniciativas interesantes para su desarrollo. Así que felicitaciones José Miguel por este concepto.

**Sr. José Miguel Benavente.**

—Hay varios países que están trabajando simultáneamente para poner el Hidrógeno Verde en sus estrategias de desarrollo productivo y que están pasando por transiciones como la estamos pasando en Chile, desde el punto de vista del aprendizaje y ser pioneros. Por otra parte, tengo una pequeña diferencia con el informe. Yo no creo como decimos los economistas que esto sea un “juego de suma cero”. La cantidad de energía que se va a requerir en el mundo en los próximos 20 o 30 años, medido en cualquier unidad, es tan grande que hay oportunidad para todos. Si bien, Chile puede producir potencialmente 2000 GW, cifra mayor a las proyecciones que se manejan de 600 GW y si juntamos toda la producción potencial de los proyectos del norte y sur de Chile es 70 GW. Entonces, no estamos jugando una carrera contra otros países que nos impida subirnos a este carro. Ahora, lo que puede ocurrir en el corto plazo es lo que se llama “desviación de inversiones” y efectivamente, con lo que hizo Estados Unidos con el IRA, que es un mecanismo de subsidio, bajó a la mitad el costo de producción de Hidrógeno Verde orientado al mercado doméstico americano. Esto ha hecho que algunas inversiones que pudieron haber llegado a Chile u otros países terminaran en Estados Unidos. Eso es cierto y lo que puede ocurrir es que la velocidad de avance de las estrategias de algunos países pueda ralentizarse. Dado esto, lo que está ocurriendo es que las instituciones multilaterales, están tratando de lograr que los países vayan avanzando lo más rápido posible en forma coordinada y Chile está participando en distintas instancias,

tanto en lado financiero como en el lado regulatorio, para avanzar en forma paulatina junto con otros. Además, el Hidrógeno Verde al igual que el Litio y Cobre, es parte de los minerales “Estratégicos” y los temas geopolíticos son claves. Por tanto, los países demandantes de este tipo de energías han diversificado sus fuentes de energía, para no tener problemas con una en particular. De esta forma, están surgiendo oportunidades en otros países, para el desarrollo

de la industria. Cuando uno mira los números desde el punto de vista de los costos marginales, la ventaja comparativa que Chile tiene en espacio y producción energética, seguimos siendo líderes mundiales y, por lo tanto, esta oportunidad nos va a ir marcando y tenemos que acelerar el paso en los años que vienen en esa dirección.

**Fin de la conferencia.**

# PREMIO “MEDALLA DE ORO AÑO 2024”

Al Sr. Andrés Navarro Haeussler



*Don Andrés Navarro Haeussler recibe de manos de don Juan Carlos Barros, Presidente del Instituto de Ingenieros, la “Medalla de Oro – Año 2024”.*

*El pasado lunes 28 de octubre de 2024, en el Salón de Actos de la corporación se realizó la ceremonia solemne para la entrega de la “Medalla de Oro” a don Andrés Navarro Haeussler, máximo galardonado de la ingeniería chilena.*

*El Presidente, Sr. Juan Carlos Barros, dio inicio a la ceremonia refiriéndose a la naturaleza del premio, su significado dentro del Instituto y en la comunidad de los ingenieros, y al especial merecimiento de quien lo recibe en esta oportunidad.*

*A continuación, la presentación del galardonado estuvo a cargo del ingeniero don José Rodríguez Pérez, quien obtuvo esta distinción el año 2022.*

## El Presidente.

—Sr. Andrés Navarro Haeussler premio Medalla de Oro del Instituto de Ingenieros de Chile año 2024. Sr. José Rodríguez Pérez, premio Medalla de Oro, año 2022. Familiares y amigos del galardonado. Socios del Instituto. Señoras y señores:

Hoy 28 de octubre, el Instituto celebra su 136° aniversario. Esta fecha, por su relevancia para los miembros del Instituto, tradicionalmente se hace coincidir con la entrega del premio Medalla de Oro, el galardón por excelencia de la ingeniería chilena.

Desde su fundación, el Instituto de Ingenieros de Chile ha desempeñado un papel crucial en el desarrollo del país, contribuyendo a la discusión de temas fundamentales para su progreso y el bienestar de sus habitantes.

Sus valiosas contribuciones son reconocidas, desde los informes iniciales sobre la política eléctrica chilena y el plan de electrificación del país, hasta propuestas clave como la creación de ENDESA y ENTEL. Más recientemente, publicaciones como “Sobre la estrategia y gestión de contratos” y “Factores condicionantes del éxito en proyectos de inversión”, junto con el libro “Prospectivas de la Ingeniería Chilena” de este año, demuestran su compromiso continuo con el avance del campo. Estos valiosos recursos están disponibles para el público en nuestro sitio web.

Es esencial destacar que estos logros son resultado del arduo trabajo de grupos de ingenieros de excelencia, que se reúnen para analizar temas considerados cruciales para el desarrollo del país por la junta directiva del Instituto.

Además de estas actividades, el Instituto tiene el honor y la responsabilidad de reconocer a aquellos ingenieros destacados por sus contribuciones a la profesión, la sociedad y al propio Instituto.

Hoy, culmina el proceso de selección y premiación anual con la entrega de nuestra máxima distinción, la Medalla de Oro. Esta ceremonia, tradicionalmente solemne pero llena de legítima alegría, captura lo mejor de aquellos ingenieros que han contribuido de manera significativa a la construcción del Chile en el que vivimos hoy.

La Medalla de Oro es el máximo reconocimiento que otorga anualmente el Instituto de Ingenieros de Chile y se

concede al ingeniero que se ha destacado a lo largo de su carrera por sus notables contribuciones y servicios al país, la profesión o al propio Instituto.

En el panel de honor ubicado detrás de mí en este Salón de Actos, se encuentran los nombres de todos los merecedores de este premio desde 1931, incluidos algunos de los más distinguidos ingenieros de nuestro país.

Cada año, esta lista se enriquece con la incorporación de otro destacado profesional, contribuyendo así al prestigio que ha adquirido este premio.

El proceso de selección de candidatos para este premio involucra la designación anual de una comisión por parte del Directorio del Instituto, encargada de revisar los antecedentes de los postulantes propuestos por nuestros socios. La comisión realiza una selección que luego se presenta al Directorio y al Consejo Consultivo del Instituto, quienes, en una sesión solemne y con votación secreta, deciden el premiado.

Este año, al otorgar la Medalla de Oro al señor Andrés Navarro Haeussler, honramos el prestigio asociado a este galardón y enriquecemos su legado al incorporar a tan distinguida personalidad a este selecto grupo. Su nombre ya ha sido incluido en el panel de nuestra sede.

Es una tradición apreciada y respetada de nuestra institución es que el honor de presentar formalmente a nuestros premiados, recaiga en el galardonado del año anterior. En esta ocasión, por razones de fuerza mayor, don Sergio Lavanchy, premio Medalla de Oro 2023 no pudo estar presente, y este honor le corresponderá al señor José Rodríguez Pérez, distinguido con la Medalla de Oro en 2022.

Pero antes de darle la palabra al Sr. Rodríguez, quisiera, como Presidente del Instituto, manifestarle a nuestro homenajeado, con el mayor afecto, que son muchos los presentes y otros que involuntariamente están ausentes, que por mi intermedio desean extenderle sus más calurosas y sinceras felicitaciones por el galardón que hoy le entregamos, expresando a la vez una legítima satisfacción porque sus merecimientos le están siendo reconocidos en esta ocasión por nuestro Instituto.

Estimado Andrés, recibe un afectuoso abrazo.

Muchas gracias.

**Sr. José Rodríguez Pérez.**

—Tengan ustedes un muy buen día.

Me corresponde el alto honor de presentar el Sr. Andrés Navarro Haeussler, quien ha sido galardonado con la Medalla de Oro del Instituto de Ingenieros año 2024, la más alta distinción que otorga esta prestigiosa institución.

**SU PERSONA**

Andrés Navarro nació en Santiago de Chile, estudió en el Colegio San Ignacio y luego en la Pontificia Universidad Católica de Chile, donde obtuvo el título de Ingeniero Civil Industrial. Hoy este destacado ingeniero, a sus 75 años, es padre de siete hijos y tiene 21 nietos.

**SONDA**

Son pocas las biografías que tienen una fecha de inicio tan definida, pues después de trabajar como Profesor un par de años en la Universidad Católica, el día 16 de agosto del año 1974, en la mañana Andrés Navarro se casó por el civil con Sonia Betteley, y horas más tarde, el entonces joven ingeniero de 25 años firmó la escritura pública que dio origen a SONDA, un pequeño emprendimiento tecnológico. Y siento que debo partir presentando a nuestro galardonado haciendo mención a este emprendimiento, porque durante muchos años la figura de Andrés ha estado estrechamente vinculada a esta empresa.

Con un gran espíritu emprendedor, concibió la idea de desarrollar el negocio de informática, para lo que les propuso a sus hermanos la idea de generar sistemas informáticos para empresas. Sus hermanos lo apoyaron, y decidieron invertir en el proyecto la herencia que les había dejado su madre, Marita Haeussler. Aportaron el 45% del millón de dólares que necesitaba Andrés para comenzar la hazaña. Fue la persistencia de Andrés Navarro que convenció a Copec que contribuyera con lo que faltaba. Yo estoy seguro de que Andrés con todo lo visionario que puede ser, no se imaginaba la importancia que la computación tendría hoy en nuestras vidas.

Así nació la Sociedad Nacional de Procesamiento de Datos (SONDA), liderada por el joven ingeniero de 25 años y con

10 programadores, que tuvo su primera oficina en Teatinos 574, bajo el estudio de Ricardo Claro. Sus primeros clientes fueron Banco O’Higgins, Iansa y Abastible.

Quizás una de las claves de su éxito, lo podemos encontrar en una entrevista que dio muchos años después, ante la pregunta de un periodista respecto al tipo de liderazgo que Andrés Navarro buscaba: “Le damos mucha más importancia a la sintonía con la cultura de SONDA que a la inteligencia pura. Los genios nunca nos dieron tan buenos resultados. Somos una empresa más normal, trabajamos el día a día con nuestros clientes. Somos una empresa de iguales; tenemos responsabilidades diferentes, pero todos tenemos los mismos valores”.

SONDA creció, y con los años se convirtió en la empresa líder de Latinoamérica en integración de sistemas y servicios digitales. El gran emprendimiento de Andrés Navarro tiene hoy operaciones en toda América, con oficinas comerciales en Estados Unidos, México, Costa Rica, Guatemala, Panamá, Colombia, Ecuador, Perú, Brasil, Uruguay, Argentina y Chile. Hoy es la empresa de servicios de Tecnología de Información más grande de la región, y cuenta con 15.000 colaboradores. Todavía Andrés es el principal accionista de SONDA.

**OTRAS EMPRESAS Y EMPRENDIMIENTOS**

Sería tremendamente injusto limitar la contribución de Andrés a esta gran empresa. Al revisar su trabajo, he quedado impresionado por la magnitud de su impacto en diversas áreas de la economía, del quehacer de nuestro país. Abarcando, por nombrar algunas, la banca, la ingeniería, la seguridad social, la salud y la educación.

Durante su dilatada carrera Andrés ha sido director del Banco Internacional, de Viña Santa Rita, de Chilevisión y de la empresa aérea Latam, todas empresas muy relevantes en nuestro país.

En el sector de la salud, destaco su participación en la Clínica las Condes de la cual llegó a ser su Presidente durante 22 años, en un período de gran desarrollo de su infraestructura y de la calidad de su servicio. Además, Andrés dedicó sus energías y su talento a otra institución de salud muy valorada en nuestra sociedad. Me refiero a la Teletón, donde llegó a ser su Presidente.



*Sr. Andrés Navarro en compañía de: José Orlandi, José Rodríguez, Jorge Yutronic, Tomás Guendelman, Juan Carlos Barros, Silvana Cominetti y Mario Pavon.*

Recuerdo haber leído en las noticias hace años atrás que Andrés Navarro funda con su hermano Pablo una nueva AFP, la AFP Modelo. Yo pensé, estamos llenos de AFP grandes, de mucha experiencia y hacer otra más es una acción bastante audaz. Pensé, ojalá que le vaya bien, por él y sus afiliados. Eso fue el año 2007.

Hoy AFP Modelo es una de las más grandes del país y comparto con ustedes un descubrimiento que hice al preparar esta presentación: “AFP Modelo es la de mayor rentabilidad en casi todos los segmentos”, publicado el 19 de agosto de este año por el Diario Financiero.

Como buen ingeniero, Andrés también está presente en el ámbito de la ingeniería y la construcción a través de la empresa Salfacorp, una de las más grandes del país, de la cual también es su Presidente. Creo que no necesito explicar a la comunidad de este Instituto, cuál es el impacto de Salfacorp en nuestro país.

## SU APORTE EN EDUCACIÓN

Me he permitido una licencia al preparar estas palabras y espero que me disculpen por ello. He dejado para el final referirme a las contribuciones de Andrés en el ámbito de la Educación. Ello es producto de mi limitación profesional que me ha tenido toda mi vida vinculado a las universidades. Además, porque considero que la educación es una de las actividades más importantes para mejorar la calidad de vida de los ciudadanos.

Hace ya varios años, Andrés, junto con otros socios entraron a la propiedad de la Universidad Andrés Bello con el objetivo de desarrollarla para contribuir a la educación en nuestro país. Créanme, no es fácil hacer y desarrollar una universidad, es una labor muy compleja, que demanda mucho talento. Y lo hicieron, desarrollaron esa institución y la cedieron a una empresa que deseaba establecerse en Chile. Hoy, la universidad Andrés Bello, con más de

60.000 estudiantes es lejos la universidad más grande de Chile.

Posteriormente, perseveró en su interés por la educación y con otros socios se incorporó a la Universidad San Sebastián, con el objetivo de desarrollarla. Labor que ha sido realizada con éxito y que hoy encuentra a la Universidad San Sebastián, con más de 50.000 estudiantes, como la segunda universidad más grande de Chile. Y ambas universidades dando muestras crecientes de calidad en su quehacer. Creo que no exagero al señalar que este es un logro notable.

## RECONOCIMIENTOS

Andrés ha recibido, muy merecidamente, numerosos reconocimientos. Entre los que destaco:

- Premio al Ingeniero por Acciones Distinguidas del Instituto de Ingenieros de Chile (1993)
- Premio Icare al Emprendedor del año (2003)
- Premio de negocios de la Cámara de Comercio de Santiago (2009)
- Premio Gestión del Colegio de Ingenieros (2010)
- Premio al Espíritu Emprendedor de la Universidad del Desarrollo (2013)
- Premio al Ingeniero Destacado del año de la Facultad de Ingeniería de la Pontificia Universidad Católica de Chile (2015).

Alcanzar resultados tan extraordinarios en ámbitos tan distintos, demanda una gran capacidad de liderazgo, visión y trabajo en equipo. Andrés ha dado muestras de sobra que posee todos esos talentos. Y por ello es el justo merecedor de la Medalla de Oro del Instituto de Ingenieros de Chile que se le confiere el día de hoy.

Muchas gracias.

*A continuación, el Ingeniero Sr. Andrés Navarro recibió de manos del Presidente del Instituto la Medalla Recordatoria y el Diploma de Honor.*

*Enseguida, el Sr. Navarro agradeció la distinción en los siguientes términos.*



*Sr. Navarro, durante su discurso.*

## **Sr. Andrés Navarro Haeussler.**

—Queridos amigos,

Hace unas semanas me sorprendió el presidente del Instituto con su llamada en la que me comunicaba esta tremenda distinción. ¡Muchas, muchas gracias!

Interpreto este premio, más que como un reconocimiento personal, como un verdadero regalo a quienes me han acompañado en mi caminar por la vida.

En primer lugar, a mi familia, empezando por mis padres y hermanos, y luego a la que formamos con Sonia, con nuestros siete maravillosos hijos.

De mi época de estudiante, guardo un gran recuerdo de la formación que recibí primero en el colegio San Ignacio y luego de las herramientas que nos entregó la Escuela de Ingeniería, cultivando en ambas instituciones amistades cuyo afecto se ha estrechado con los años.

Recién egresado de ingeniería en la UC, me picó este bicho tan de moda hoy del emprendimiento, cuando todavía no existían los start ups ni los venture capital. Con el apoyo de mi padre, Mario Navarro Arrau, también ingeniero civil, se me ocurrió la idea de formar una empresa dedicada al entonces poco conocido negocio del uso de la tecnología.

Inicialmente con la participación de COPEC como socio, el puñado de ingenieros y profesionales con el que comenzamos se fue multiplicando con el correr del tiempo, hasta llegar hoy a 15.000 personas repartidas en diferentes países de América. Debo resaltar que recientemente, el primero de octubre pasado, SONDA cumplió 50 años de vida.

El talento de este equipo humano nos permitió desarrollar la empresa, que sumó a las exigentes componentes tecnológicas propias de nuestro quehacer, una especial sintonía de valores que nos llevaron a imprimir un sello cultural que ha perdurado hasta hoy.

También, en la medida que SONDA crecía y se iba consolidando, participé de otras iniciativas empresariales, en algunas de ellas como un accionista más, y otras en las que partiendo de cero con el aporte de miembros de mi familia llevamos adelante negocios que me parece han constituido una valiosa contribución a la sociedad.

Por lo anterior, a manera de síntesis, quisiera compartirles que lo que hemos intentado construir con quienes me han acompañado en estas aventuras, tiene que ver, primeramente, con una cultura empresarial fundada en sólidos principios que surgen de una profunda concepción humana de las organizaciones y, junto con ello, con el convencimiento de que nuestra responsabilidad en el rol que la sociedad nos impone como profesionales, ejecutivos y empresarios, es agregar valor en los diferentes campos donde se juega el desarrollo de nuestros países, lo que nos permitirá crecer y mejorar la calidad de vida de todos sus habitantes.

Agradezco a Dios por ser parte de mi vida, y a todos quienes me acompañan en esta ocasión tan significativa, muy especialmente a mi familia y a Elisa, mi gran compañera de estos últimos años

Muchas gracias.

*(Aplausos).*

**Fin de la ceremonia.**

# PREMIO “AL INGENIERO POR ACCIONES DISTINGUIDAS – AÑO 2024”

A la Ingeniera Sra. Salome Martínez Salazar



*Sra. Salomé Martínez Salazar, premio “Al Ingeniero por Acciones Distinguidas – Año 2024”.*

*El pasado 24 de octubre de 2024 se realizó en el Salón de Actos del Instituto de Ingenieros, con la asistencia de personalidades del mundo académico y privado, la ceremonia solemne de entrega del premio “Al Ingeniero por Acciones Distinguidas – Año 2024”, que este año recayó en la Ingeniera Sra. Salomé Martínez Salazar.*

*Don Juan Carlos Barros, presidente del Instituto, inició la ceremonia con una breve intervención relativa al significado de este premio, y explicó el especial merecimiento del galardonado de este año.*

*En seguida, siguiendo la tradición, el Ingeniero Sr. Leonardo Basso Sotz, quien recibiera este Premio el año 2023, realizó una síntesis de los aspectos más destacados de estas acciones distinguidas que la hicieron merecedora del premio.*

## El Presidente.

—Sra. Salomé Martínez Salazar, premio “Al Ingeniero por Acciones Distinguidas 2024”. Sr. Leonardo Basso, Premio Al Ingeniero por Acciones Distinguidas, año 2023.

Directores, Autoridades, colegas, amigas, amigos:

La labor del Instituto, que este mes cumple 136 años de existencia, incluye entre sus tareas más gratas e importantes la de reconocer los méritos de algunos de nuestros colegas que se destacan en diversas etapas o aspectos de su vida. El reconocimiento de los méritos profesionales y personales por parte de sus pares ha constituido siempre un importante acto social, presente ya en las civilizaciones más antiguas. Lamentablemente en nuestro país, al parecer como consecuencia de nuestra particular idiosincrasia, este reconocimiento de los méritos por parte de los pares no ha sido una costumbre muy difundida. Conscientes de este hecho, el Instituto de Ingenieros transcurridos pocos años desde su fundación tomó la iniciativa de distinguir a algunos de los ingenieros que se han destacado en determinados aspectos de su ejercicio profesional.

El Premio “Al Ingeniero por Acciones Distinguidas”, que se otorga desde 1984, este año ha recaído en la **Sra. Salomé Martínez Salazar**, y como es nuestra tradición, los atributos personales y profesionales de nuestro homenajeado serán dados a conocer por quien lo antecedió en este galardón el año 2023, **don Leonardo Basso**.

Sin embargo, me parece relevante informar a ustedes los objetivos de esta distinción y los motivos que se invocan para otorgarla. Señala el Reglamento que el Premio se otorgará al Ingeniero que se hubiere distinguido por haber desarrollado acciones, en el campo público y/o privado, durante los tres años anteriores a los de su otorgamiento y para estos efectos, se consideran como acciones distinguidas aquellas que excedan el desempeño normal y eficiente de las labores habituales del ingeniero y que redundan en un beneficio evidente para el país, la sociedad, la profesión o el Instituto. Dichas acciones pueden consistir, a modo de ejemplo, en la dirección de una obra de ingeniería relevante en el ámbito nacional, o la implementación de un proyecto tecnológico importante, o el impulso de una iniciativa de servicio público que impacte al país, o el particular realce que haya alcanzado en el país la labor normal que dicho ingeniero realice.

La lista de galardonados es ya larga y está constituida por algunos de los ingenieros más brillantes de nuestro país. Este año el Premio “Al Ingeniero por Acciones Distinguidas”, **le fue otorgado a Salomé Martínez Salazar**, quien, con su trabajo, sin lugar a duda realizó una contribución notable a la ingeniería nacional y la hace merecedora de la distinción con la que hoy la homenajeamos.

Extiendo mi más calurosa felicitación a ella y su familia.

## Sr. Leonardo Basso Sotz.

—Muy buenos días.

Estimado presidente, Juan Carlos Barros, honorables miembros del Instituto de Ingenieros de Chile, estimada Salomé, distinguidas autoridades, estimados invitados, colegas, amigos y amigas,

Es para mí un privilegio y un honor volver hoy a este podio para esta ceremonia tan significativa, en la que rendimos homenaje a la ingeniera Salomé Martínez Salazar, cuyo trabajo ha sido tan importante para Chile, para su futuro, y para seguir demostrando al país la importancia de nuestra querida profesión.

La extraordinaria carrera de Salomé Martínez puede ser apreciada a través de su impresionante currículum. Ha realizado aportes relevantes a lo largo de su variada carrera, tanto al ámbito de la investigación fundamental en matemáticas, como en pos de la igualdad de género en la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, la Universidad de Chile, y en general en las carreras STEM. Y, por supuesto, resalta con fuerza y nitidez su trabajo en educación escolar, que es el ámbito que hoy premia el galardón del Instituto de Ingenieros: Salomé y su equipo en el Laboratorio de Educación del Centro de Modelamiento Matemático, han creado capacidades inéditas para nuestro país.

La ingeniera Martínez no es una extraña a los premios, incluso mientras estudiaba: en el año 1996, Salomé obtuvo el premio Marco Orrego Puelma de este mismo Instituto, siendo probablemente una de las primeras mujeres en obtenerlo; en el año 2000 recibió la distinción a la mejor tesis de doctorado en la Universidad de Minnesota. Ya desarrollando su carrera académica, en 2012 fue galardonada con el Premio de Excelencia Académica para Investigadoras Jóvenes de la

Academia Chilena de Ciencias, prestigiosa institución que la invitó a participar como miembro correspondiente en 2018, y en donde tengo el placer de interactuar con ella. Asimismo, y fruto de su destacada carrera académica, fue distinguida con la Condecoración al Mérito Amanda Labarca en el año 2020.

El empeño de Salomé por fortalecer el desarrollo profesional docente data de más de una década: en 2014 inició un trabajo colaborativo con la División de Educación General del Mineduc, dando vida a uno de sus proyectos más relevantes: Suma y Sigue – Matemática en Línea. Este programa ha sido implementado de forma continua hasta el día de hoy, apoyando a más de 3.500 profesores de las 16 regiones del país, gracias a los 800 cupos que se ofrecen cada año. El aporte de Suma y Sigue es tal, que continúa proyectándose con fuerza al futuro: actualmente está ejecutando un nuevo convenio con el Ministerio de Educación a fin de mantener su implementación, ampliar su oferta y potenciar su rol como eje articulador de iniciativas para relevar la enseñanza de la matemática en los nuevos Servicios Locales de Educación Pública.

La calidad y relevancia de este programa no sólo ha generado reconocimiento en Chile, sino que también en el ámbito internacional: “Suma y Sigue” obtuvo el premio UNESCO-Hamdan bin Rashid Al-Maktoum “a la Práctica y Desempeño Sobresalientes en el Mejoramiento de la Eficacia de los Docentes” en 2018, el que destaca iniciativas globales que logran obtener resultados ejemplares en el perfeccionamiento docente y elevan la calidad de la educación. En esta misma línea, en 2019, el Laboratorio de Educación que dirige Salomé obtuvo la Cátedra UNESCO “Formación de docentes para enseñar matemática en el Siglo XXI”.

Por otra parte, la transformación de las pruebas de acceso a las universidades, de la PSU a la PAES –y cuyo positivo impacto ha sido reconocido universalmente– no habría sido tan exitosa sin su participación, por largos años.

Ahora, más allá la impresionante carrera de Salomé a lo largo de los años, y de su aporte a la ciencia, a la igualdad de género y a la educación en Chile, el premio que nos convoca hoy tiene características muy particulares:

El Premio Al Ingeniero o Ingeniera por Acciones Distinguidas se entrega a quienes se han destacado por haber desarrollado acciones distinguidas, en el campo público o privado, durante los tres años anteriores a los de su otorgamiento,

considerándose aquellas acciones que excedan el desempeño normal y eficiente de las labores habituales del ingeniero/a y que redunden en un beneficio evidente para el país, la sociedad, la profesión o el Instituto.

Y es con claridad todo lo anterior, lo que caracteriza el trabajo de Salomé y su equipo en los años críticos de la post-pandemia.

Durante la crisis sanitaria por Covid-19, Salomé y su equipo asumieron desafíos de gran envergadura. Por una parte, convocados por el Ministerio de Educación, crearon cursos de matemáticas online destinados a estudiantes de Educación Media del Plan de Formación Diferenciado Científico-Humanista, cubriendo las temáticas de geometría 3D; límites, derivadas e integrales, y; probabilidades y estadística. Esta iniciativa permitió que, durante el año 2021, los estudiantes pudieran acceder de forma equitativa a cursos avanzados de matemática en momentos en que no tenían acceso a la docencia en sus liceos.

Por otra parte, el año 2020, en plena pandemia y con las escuelas cerradas, Salomé fue convocada por la Unidad de Currículum y Evaluación del Ministerio de Educación (UCE) para adaptar al currículo chileno una prestigiosa colección japonesa de textos escolares. Esta labor tuvo como fruto la colección “Sumo Primero” para niños de 1° a 6° básico, que fue entregada a más de un millón de estudiantes el año 2021.

Pero, más allá de los esfuerzos que Salomé y muchos otros hacían durante la crisis COVID para que nuestros estudiantes escolares tuvieran acceso y recursos, resultaba claro que enfrentaríamos, terminada la pandemia, un enorme problema de falta de aprendizajes. Y es en ese momento donde Salomé, una vez más, destaca y donde, en particular, ocurren las acciones que hoy se distinguen:

El capital de conocimiento y herramientas que Salomé y su equipo desarrollaron a lo largo de los años, fueron puestos por el gobierno en el centro de la estrategia de recuperación de aprendizajes. Por una parte, en el año 2023, Salomé lideró la revisión completa de la colección Sumo Primero, alineada con el currículo **priorizado**, la que en 2024 cubrió más del 70% de la matrícula en esos niveles. Esto significa que más de 1.200.000 niños y niñas y sus docentes recibieron un material con los más altos estándares de calidad, específicamente orientados a ayudarlos

a superar las carencias que la pandemia les dejó. Por otra parte, a partir del trabajo desarrollado para los cursos online, nació el proyecto MatCon, proyecto que pone a disposición de todos los docentes desde 7° básico a 4° medio un gran número de recursos tecnológicos para aprender matemática en conexión con las ciencias y otras disciplinas

Así, durante los últimos tres años, las acciones lideradas por Salomé Martínez han sido clave en la agenda nacional para la recuperación de aprendizajes de matemática en la post-pandemia. En medio de una crisis, ella asumió desafíos que el país demandaba, movilizandoo capacidades académicas y profesionales de manera oportuna, con el objetivo de entregar soluciones pedagógicas al sistema educativo que permitieran potenciar la enseñanza de la matemática.

Si me permiten una referencia personal, el año pasado el Instituto me distinguió por el trabajo que, junto con muchos, realizamos en pandemia para salvar vidas y navegar la crisis de la mejor manera posible. Pero, qué duda cabe, no basta con sobrevivir, porque lo que queremos es que nuestros niños y niñas vivan una vida plena, y se desarrollen de la mejor manera posible, felices y libres. Esto es lo que la crisis de aprendizaje post pandemia hace peligrar. Afortunadamente, los niños chilenos y sus familias, hemos contado con la ingeniería Salomé Martínez, con su conocimiento y liderazgo, su talento e incansable dedicación, que ha permitido construir las confianzas, equipos expertos y diversos, conocimientos y experiencias indispensables para poder trabajar con el Ministerio de Educación con una visión de largo plazo, trascendiendo administraciones, tendiendo puentes entre academia y política pública.

Salomé es un ejemplo de una ingeniera comprometida con la construcción de un país mejor, trabajando de manera colaborativa y desinteresada. Quiero felicitar sinceramente a Salomé por este merecido reconocimiento y agradecerle por su inquebrantable contribución al campo de la ingeniería y al bienestar de nuestra sociedad.

Muchas gracias y felicitaciones, Salomé.

*(Aplausos).*

***A continuación, la Sra. Salomé Martínez recibe de manos del Presidente del Instituto, la Medalla Recordatoria y el Diploma de Honor.***

***Enseguida, la Sra. Martínez agradeció la distinción en los siguientes términos.***

### **Sra. Salomé Martínez Salazar.**

—Don Juan Carlos Barros, Presidente del Instituto de Ingenieros de Chile, honorables miembros del Instituto de Ingenieros de Chile. Profesor Francisco Martínez, Decano de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas,

Profesora Marcela Munizaga, Vicedecana de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Profesora Viviana Meruane, Directora Académica de la FCFM, Profesor Héctor Ramírez, Director del CMM, Profesora Leonor Varas, Directora del DEMRE de la Universidad de Chile.

Distinguidos invitados, colegas, amigos y amigas.

Muchas gracias Leonardo por la presentación.

Quiero agradecer al directorio y consejo consultivo del Instituto por este premio. Cuando Juan Carlos me llamó para contarme que habían decidido otorgármelo, me contó que recién el año pasado, el premio había cambiado de nombre “Al ingeniero o ingeniera por acciones destacadas”, lo que me llenó de alegría. Y, a partir de la conversación con Juan Carlos, este es un cambio necesario y valorado por el Instituto. Es así, que, si bien mi título es de Ingeniero, no ingeniera, si me convoca y me anima el cambio de nombre.

Me siento muy honrada por el premio. Soy la primera mujer en recibirlo. Este es un premio que tiene 40 años. La posición en que estoy ahora, de ser la primera, me llena de alegría, también de un sentido de responsabilidad, de vértigo, hay tantas mujeres ingenieras destacadas en Chile... Me vienen todos esos sentimientos que tenemos las mujeres en espacios donde somos minorías, como lo es la ingeniería.

Desde que entré a estudiar ingeniería, en la FCFM de la Universidad de Chile, quise estudiar ingeniería matemática. Aparte de los muy buenos profes que tuve, lo que me encantó es que en matemáticas las cosas no son así porque lo dice alguien, sino son así porque se demuestra. La matemática me moldeó como persona, cuestionadora, porfiada o tenaz, rigurosa. También me ayudó a no tenerle miedo a los problemas, pensar de qué de alguna manera

se pueden enfrentar, tal vez relajar una hipótesis, que algo se tiene que poder hacer.

Aprender una matemática que se trate de pensar, de entender los porqués, que nos ayude a estructurar la manera en que pensamos y sacamos conclusiones, es algo a lo que todos los niños, niñas, jóvenes de nuestro país deben tener derecho.

El premio que obtuve, a la Ingeniera por Acciones distinguidas, reconoce el trabajo que lideré desde el Laboratorio de Educación Matemática del Centro de Modelamiento Matemático de la Universidad de Chile, para contribuir a la enseñanza de la matemática escolar durante y después de la pandemia. El haber podido aportar en este momento tan complejo, y en un aspecto tan importante para nuestro país, se lo debo, se lo debemos, al Ministerio de Educación, que confió en mí y el CMM en momentos muy apremiantes.

Chile invierte en textos escolares para todos los niveles, particularmente en matemáticas. Los textos escolares son un instrumento de política pública muy relevante en los países. Median las oportunidades que niños y niñas tienen de aprender matemática. El año 2018, creo que, por primera vez, el Ministerio decide elaborar textos propios. La UCE decide adaptar a nuestro currículo y contexto, los textos de 1° y 2° básico de la editorial Gakko Tosho Co. cuyo autor, el Profesor Masami Isoda de la Universidad de Tsukuba tiene una larga y productiva historia de colaboración con Chile.

Tempranamente en la pandemia el MINEDUC generó un currículo priorizado que apoyara a los docentes en la toma de decisiones pedagógicas que garantizaran aprendizajes mínimos. Disponer de textos de calidad, que pudieran llegar a los niños en forma física, se transformó en algo urgente para el Ministerio. Avanzado el 2020, se decidió extender la colección Sumo Primero hasta 6° básico, para que el 2021, Chile contara con textos escolares de gran calidad y alineados a las políticas educativas, que mejoraran las magras oportunidades de aprendizaje que cientos de miles de niños tuvieron en pandemia. Como CMM EDU, nos abocamos a este propósito, ampliando nuestro quehacer. Destaco particularmente a Paula Olguín que dirigió a un ejército de personas que se abocaron con gran sentido de responsabilidad a lograr en 5 meses lo que debería llevar años. El año 2021 más de 630.000 niños y niñas recibieron a tiempo los nuevos textos al inicio del año escolar, en momentos tremendamente complejos para la educación en Chile y el mundo entero.



*Sra. Salomé Martínez, durante su discurso.*

Este capital que habíamos ayudado a construir, disponer de una colección de textos, coherentes, alineados a currículo y que plasman una enseñanza de la matemática moderna, centrada en la construcción conceptual y la resolución de problemas, fue valorado por el entonces, nuevo gobierno, quienes decidieron continuar con Suma y Sigue, valorando a los textos como uno de los ejes articuladores de los esfuerzos para la recuperación de los aprendizajes. El año 2023, desde el Laboratorio de Educación lideramos una nueva revisión de los textos, ahora para el currículo para la recuperación de aprendizajes. Estos textos llegaron a más de 750.000 niños este 2024 y se entregarán a más de 1.200.000 niños y niñas el 2025.

En el año 2020, entró en vigencia un nuevo currículo para 3° y 4° medio, que incluye un plan de formación diferenciada con cursos nuevos y atractivos, y entregando a los jóvenes la posibilidad de elegir lo que quieren estudiar. En matemática, se incluyen temas como Cálculo diferencial e integral, Geometría 3D, Probabilidades y Estadística, y también pensamiento computacional y programación. El año 2021, elaboramos rutas digitales de aprendizaje para estudiantes de 3° y 4° medio, nuevamente en un trabajo con la Unidad de Currículo y Evaluación de la UCE. Este proyecto, implicó desafíos tecnológicos, coordinar equipos de matemáticos, docentes, ingenieros, programadores, diseñadores, que, casi en paralelo con la elaboración de los textos, trabajaban en el desarrollo en tiempo real. Durante el 2021,

miles de estudiantes accedieron a estos cursos, pudiendo aprender la matemática que ellos mismos habían elegido estudiar. Finalmente, en el proyecto MatCon, desarrollado en colaboración con la División de Educación General, creamos más de 80 situaciones de aprendizaje que invitan a estudiantes y docentes de 7° a 4° medio a involucrarse en problemas de distintos contextos, cuyo análisis y solución requiere movilizar la matemática y también distintos tipos de conocimiento: modelar una carrera de 100 mts planos, la pérdida del borde costero, la prevalencia de una enfermedad, la prevalencia de las palabras, entre muchos otros..

Jerome Bruner, un gran educador, planteaba que, sin importar la edad de los estudiantes, las ideas y conceptos que se les enseñen deben ser valiosos y una parte válida del conocimiento de la disciplina. Lo que se aprende de matemática en la escuela, debe ser verdadero y relevante, bloques que sean cruciales para su comprensión. Esta concepción de la matemática escolar, que enriquece la vida de quien la estudia, requiere del aporte vital de quienes la comprenden, trabajan con ella, y pueden distinguir lo esencial de lo superfluo. Hacer libros o crear recursos implica entender muy profundamente la matemática escolar, reconociendo en ella la esencia de la matemática como disciplina. Requiere también diseñar secuencias didácticas para que aprendan otros, generando contextos relevantes que permitan la construcción de conocimientos. Es un trabajo minucioso y desafiante.

Los aportes que están siendo celebrados son fruto de un equipo, el Laboratorio de Educación del Centro de Modelamiento Matemático, un equipo grande y diverso, que no les teme a los desafíos, y trabaja con mucha creatividad y conocimiento, y también mucho rigor. Pudimos aportar en la pandemia, porque teníamos experiencia y capacidades. Desarrollarlas ha sido un trabajo de muchos, muchos años. Este premio es para todo mi equipo: celebro a Sofía, Paula, Daniela, Ricardo, Richi, Helena, Cachorro, Aldo, y Alejandro quienes han estado siempre dispuestos a asumir desafíos.

También quiero agradecer a las autoridades del Ministerio de Educación y sus equipos profesionales, por la confianza, y la oportunidad de aportar. Quisiera reconocer particularmente a María Isabel Baeza y Jesús Honorato quienes



*Sra. Salomé Martínez en compañía de los Sres. Leonardo Basso, Juan Carlos Barros y Francisco Martínez.*

dirigieron la UCE desde el 2018 al 2021 e impulsaron la creación de textos desde el Ministerio, que es una política audaz y acertada.

Agradezco también al CMM, y a la Facultad. En Beauchef hay la libertad que permite que alguien como yo pueda dedicarse a trabajar en educación matemática. La amplitud con que entendemos el aporte que debemos hacer desde la Facultad y el CMM al desarrollo del país, es lo que celebramos hoy también.

Finalmente, quisiera agradecer a mi familia, especialmente a mi esposo Alejandro, quien ha sido parte de todo de este trabajo, y a mis adorados Adrián, Antonia y Magdalena, por la paciencia y el cariño.

Muchas gracias.

*(Aplausos).*

**Fin de la ceremonia.**

# PREMIO

## “JULIO DONOSO DONOSO – AÑO 2024”

Al Ingeniero don Claudio Muñoz Zúñiga



*Don Claudio Muñoz Zúñiga recibe la Medalla y Diploma de Honor.*

*El pasado martes 29 de octubre de 2024, en el Salón de Actos del Instituto de Ingenieros, tuvo lugar la ceremonia de entrega del premio “Julio Donoso Donoso – Año 2024” al distinguido Ingeniero don Sr. Claudio Muñoz Zúñiga.*

*Don Juan Carlos Barros, Presidente del Instituto, dio inicio a este solemne acto con una breve alocución refiriéndose al especial merecimiento de quien recibe el galardón en esta oportunidad.*

*A continuación, la Sra. Ximena Vargas, vicepresidenta del Instituto y en representación de don Germán Millán Pérez, galardonado con el mismo premio el año 2022, efectuó la presentación del homenajead.*

## El Presidente.

—Sra. **Gloria Henríquez Díaz**, premio Justicia Acuña Mena año 2024. Sra. **Nélida Heresi Milad**, Premio Justicia Acuña, año 2022. Sr. **Claudio Muñoz Zúñiga**, Premio Julio Donoso Donoso año 2024. Sra. **Ximena Vargas Mesa**, Premio Justicia Acuña Mena 2006, y Raúl Devés Jullian 2017, y vicepresidenta del Instituto.

El Premio “**Julio Donoso Donoso**” honra la memoria de quien fuera un gran hombre y un muy distinguido ingeniero y se entrega desde el año 1963, cada dos años, al ingeniero que hubiese contribuido más efectivamente con su actitud y su acción, al mejoramiento de las relaciones o convivencia humanas, en los procesos de producción de bienes o servicios. En el año que corresponde entregarlo, el Directorio nombra una Comisión que examina los antecedentes de los ingenieros que han sido propuestos por los socios, de entre ellos hace una selección y los somete a la consideración del Directorio y del Consejo Consultivo del Instituto, los que, reunidos en sesión solemne y votación secreta, disciernen el nombre del premiado.

Julio Donoso Donoso nació el 22 de junio de 1895 y se recibió de Ingeniero Civil de la Universidad de Chile en el año 1919. Para él, el ejercicio profesional tenía una finalidad más profunda que el aplicar las disciplinas científicas o técnicas. Esta finalidad se traducía en que en su accionar existió siempre una notable preocupación por la dimensión humanista que debía existir en las actividades que el hombre emprendía.

Fue una persona muy preocupada por las potenciales tensiones internas de la convivencia humana en las actividades productoras. Fuera de sus actividades profesionales tuvo una gran participación en obras sociales, en gremios y escuelas nocturnas para trabajadores, entre otros. Fue director del Instituto de Ingenieros de Chile y fundador y director de la Cámara Chilena de la Construcción, fuera de varias otras actividades académicas y culturales.

Nuestra larga tradición nos señala que quien fuera el homenajeado anterior con el premio, tiene el honor de presentar a nuestro galardonado y con ello testimoniar que en el agraciado concurren los aspectos que caracterizaron la vida de Julio Donoso: hombre ejemplar, de familia, excelente profesional y empresario, con gran sentido de lo social y de servicio público.

El día de hoy, esta grata labor la realizará **Ximena Vargas**, vicepresidenta y actual directora del Instituto.

Por lo que les he señalado es que existe una tradición aplicable al Presidente del Instituto en ejercicio, de no extenderse en su presentación y es por ello que sólo agregaré que en unos minutos más constatarán que resulta evidente que las características que he mencionado, se encuentran presentes en nuestro distinguido homenajeado con el premio Julio Donoso Donoso año 2024, Don Claudio Muñoz Zúñiga.

Estimado Claudio, muchas felicidades.

*A continuación, la presentación del galardonado por la Sra. Ximena Vargas, en los siguientes términos.*

## Sra. Ximena Vargas.

—Buenos días. Por encargo de don Germán Millán Pérez, premio Julio Donoso Donoso año 2022, que por razones personales no puede acompañarnos hoy, tengo el privilegio de presentar y leer las palabras que Germán hiciera para don Claudio Muñoz.

El Premio Ingeniero Julio Donoso Donoso, se otorga cada dos años, para destacar al ingeniero chileno que hubiere contribuido, con su actitud y su acción, al mejoramiento de las relaciones o convivencia humana en las organizaciones dedicadas a los procesos de producción de bienes o servicios.

Debo confesar que para preparar estas palabras no ha sido fácil, ya que, al revisar sus logros profesionales y personales, es complejo poder reducirlos a estos breves minutos.

Claudio Muñoz Zúñiga, nace en Rancagua, es parte de una familia de 4 hermanos, siendo el mayor de ellos. Su madre fue profesora en un Instituto Comercial y su padre empleado de una empresa automotriz, FIAT Chile.

Sus estudios básicos y medios los realizó en el Instituto O’Higgins de Rancagua, colegio perteneciente a la Congregación Marista; donde participó activamente en el Movimiento Scout y también como miembro de la Academia Científica.

En 1980, ingresa a estudiar Ingeniería en la Universidad de Chile, lo que lo obliga a trasladarse a Santiago, que si bien no son más allá de 100 kilómetros de distancia desde Rancagua, para Claudio fue algo nuevo, esta era la tercera vez que venía, pero para quedarse, lo que no fue fácil, instalándose (al igual que muchos de sus compañeros), en una pensión ubicada al poniente de la Escuela de Ingeniería en calle Bascañán Guerrero.

Esos años de Universidad le permitieron generar un grupo de buenos amigos, con los que se relaciona hasta la fecha. Muchas de sus vivencias, aportaron a moldear su carácter y forma de ser. Durante este periodo universitario, conoció a Magdalena, su esposa, quien también es ingeniero civil industrial y han construido una hermosa relación desde aquella época de estudiantes de Beauchef.

Claudio ha realizado un desempeño profesional, muy marcado por el área de gestión en empresas de telecomunicaciones, el año 1986 (casi recién titulado) ingresa como analista del área financiera a la empresa Telefónica (esa época la Compañía de Teléfonos de Chile).

En 1994 fue nombrado Gerente de Contabilidad y Presupuestos. En 1996 asumió como Vicepresidente de Control de Gestión y en 1999 Gerente General de Telefónica CTC Chile. En septiembre de 2005 viaja a España para asumir la división de Telefónica para gestionar Clientes Corporativos en América y a la vez la División Mayorista del grupo a nivel Mundial. En abril del 2010, es nombrado Presidente de Telefónica en Chile, cargo que ocupa hasta 2019.

En su gestión se destaca el especial énfasis en consolidar a Telefónica como un aliado del país, incrementando la satisfacción de los clientes y el aporte a la innovación.

Posteriormente, y a partir de agosto de 2019 es nombrado Presidente del Directorio de Aguas Andinas, cargo que permanece por dos años.

A este gran desempeño profesional, se suman otra serie de actividades, que por su extensión y en honor al tiempo, me permitiré nombrar sólo algunas:

- Presidente del Directorio de Corona S.A. (marzo 2018 a la fecha)
- Profesor de la Facultad de Ingeniería y Presidente del Centro de Colaboración Empresarial UDD (enero 2018 a la fecha)
- Director ACHS y presidente del Comité de Auditoría y Riesgos ACHS (diciembre 2021 a la fecha)
- Presidente del Círculo de Empresa y Sociedad y director de ICARE
- Presidente de la Fundación Educacional de La Protectora de la Infancia
- Miembro del Consejo Directivo de La Protectora de la Infancia
- Director del Instituto de directores de Chile (IDDC EY)
- Presidente CapterZero Chile – Climate Change (Iniciativa conjunta World Economic Forum – Bolsa de Comercio Santiago – EY Chile)
- Director Fundación País Digital
- Consejero Corporación Ciudades (Cámara Chilena de la Construcción)
- Presidente de ICARE (2018-2020)
- Miembro del Consejo y vicepresidente de SOFOFA (2010-2018)
- Miembro del Consejo Asesor FOSIS- Ministerio de Desarrollo Social y Familia (2018 2020)
- Consejero de la Comisión Nacional de Educación Técnico-Profesional (2016-2018)
- Consejero de la Comisión Nacional de Productividad de Chile (2016-2018)
- Consejero de la Comisión Asesora Presidencial para la Modernización del Estado (2018-2019)
- Consejero de la Iniciativa de Paridad de Género en Chile (Programa IPG impulsado por el Estado de Chile y Comunidad Mujer) (2017-2019)
- Premio Ingeniero destacado del año – Universidad de Chile (2005)
- Premio Ejecutivo de año en Chile, reconocimiento entregado por El Mercurio - EY (2014)
- Premio Gestión Colegio de Ingenieros de Chile (2016)
- Condecoración Orden al Mérito entregada por el Consejo Mundial de Educación (2018)
- Miembro del Jurado premio 100 Mujeres Líderes El Mercurio
- Miembro del Jurado premio Ejecutiva del Año en Chile, organizado por Mujeres Empresarias Chile
- Miembro del Jurado Premio PwC Chile Innovación
- Autor del libro ¿Y si nos ponemos de acuerdo? (junto a otros autores en 2018).

En su desempeño e historia de vida, Claudio Muñoz, es reconocido por sus pares y equipos de trabajo como una persona juiciosa, con la capacidad de llegar a acuerdos y por sobre todo con un respeto irrestricto al buen trato y el dialogo en los procesos de negociación y de relación; un carácter afable y con capacidad de sumar personas a los equipos.

Cuando se ha preguntado a más de alguno de sus colaboradores y pares, para construir esta breve reseña, de forma unánime han respondido que en su trabajo logra crear un clima laboral de excelencia, reconocido y valorado por los trabajadores, favoreciendo el desarrollo de las personas desde una perspectiva integral, en conjunto con la generación de los espacios para su desarrollo profesional y técnico, complementándolo con aptitudes sociales; lo que se traduce en una buena relación y convivencia entre las personas.

Por otro lado, también sabemos que Claudio disfruta mucho del Basketball y ve los partidos de la NBA, con la regularidad que su actividad profesional le permite. Preocupado siempre de su familia y sus amigos, con quienes vive y convive en una cultura del compartir, querer, reír, apoyar y colaborar. Cuando busca desconectarse, conduce camino al sur y a la altura de Curicó toma rumbo a la cordillera, espacio que utiliza para realizar uno de sus hobbies como es la carpintería, lugar un poco más al este de los Niches, donde tiene su parcela y su taller.

Claudio, hoy quiero felicitarte, a nombre del Instituto, sus socios y su comunidad, por tu desempeño profesional y personal, así como también por proyectar los principios y valores que te hacen merecedor del Premio Julio Donoso Donoso.

¡Felicitaciones!

*(Aplausos).*

***A continuación, el Presidente hizo entrega a don Claudio Muñoz Zúñiga del Diploma y Medalla de Honor. Acto seguido, el Sr. Muñoz hizo uso de la palabra para referirse al honor recibido.***



*Sr. Claudio Muñoz Zúñiga.*

### **Sr. Claudio Muñoz Zúñiga.**

—Sr. Juan Carlos Barros, Presidente del Instituto de Ingenieros de Chile. Miembros del Directorio y Consejo Consultivo del Instituto. Sra. Ximena Vargas. Sra. Nélida Heresi, Sra. Gloria Henríquez, Premio Justica Acuña Mena 2024.

Sr. Carlos Gauthier, Secretario General. Estimados Colegas Ingenieros e Ingenieras, querida Familia, Amigas y Amigos, todos.

Muy buenos días.

Cuando recibí la comunicación que me informaba que el Directorio y el Consejo Consultivo del Instituto de Ingenieros habían decidido otorgarme el premio Julio Donoso Donoso, en su versión 2024, sentí emoción y alegría y pensé que este reconocimiento no era solo mío, pensé en muchas personas.

Quiero iniciar estas palabras diciéndoles que recibo este importante reconocimiento a nombre de muchas personas que son parte de mi vida y que me han ayudado a estar donde hoy puedo estar. Los reconocimientos nunca son personales,

siempre las personas que son premiadas y reconocidas han aprendido de alguien, han trabajado con alguien, son parte de una familia, son parte de organizaciones, son parte de una sociedad. Yo no soy una excepción, les puedo contar que nací en la ciudad de Rancagua y vengo de una familia tradicional de nuestro querido país, mi madre, Silvia, fue una dedicada profesora y mi padre, Armando, un esforzado trabajador de una empresa automotriz. Con esfuerzo y dedicación formaron una linda familia de 4 hijos.

Cuando inicié mis estudios en la Escuela N° 1 de Rancagua y después en el Instituto O’Higgins de la misma ciudad, rápidamente aprendí el valor de mis profesores y mis compañeros de curso. Lo mismo me sucedió en el año 1980, cuando llegué a Santiago a estudiar Ingeniería en la Universidad de Chile. La “escuela”, como cariñosamente le decimos hasta hoy, no solo marcó mi vida, hizo mi vida pues allí no solo obtuve el título de Ingeniero Civil Industrial, también conocí a una fantástica mujer y compañera de vida, a mi señora Magdalena, con quien hemos formado una linda familia de 3 hijos maravillosos, Pablo, Felipe y Javier y en el último tiempo, una nueva maravilla llamado Clemente. Gracias Magdi por todo.

Don Julio Donoso fue un destacado Ingeniero, lleno de logros y reconocimientos y desarrolló su vida con una profunda preocupación por la dimensión humanista, a Don Julio le preocupaba la convivencia humana y en todas las obras y actividades que desarrolló puso énfasis en las relaciones humanas, en el valor de las personas, en la convivencia y en el respeto.

Yo he aprendido algo similar en mi vida y he tenido el privilegio de enfrentar oportunidades y desafíos siempre acompañado y junto a personas de grandes capacidades.

Como no recordar esos primeros años de trabajo en la Compañía de Teléfonos de Chile y luego en Telefónica, fueron 31 años donde soñamos con llevar las comunicaciones a todos, soñamos y aportamos a hacer realidad en Chile, que el teléfono y la internet fueran para todos y les mejoraran sus vidas. Podría estar horas contándoles anécdotas y experiencias de esa etapa de mi vida, el factor común es que siempre trabajamos en equipo, siempre sumamos personas y sorprendimos por la fuerza de la colaboración. Allí aprendí que todos somos inteligentes, pero nadie es tan inteligente como la suma de las inteligencias. Ese es el valor de trabajar en equipo.

La ingeniería también me permitió explorar y aprender de otros sectores, como fue mi paso por una gran empresa como es Aguas Andinas, donde la ingeniería permite que las personas tengamos agua todos los días, algo tan trivial como abrir la llave y poder beber el agua nos parece básico; créanme que no es trivial, más aún cuando enfrentamos un cambio en el clima y también las peores sequías registradas de nuestra historia.

También he tenido la oportunidad de participar del mundo gremial, que me ha enseñado que las empresas podemos ser más y aportar de mejor forma a la sociedad, en Sofofa y en ICARE aprendí el valor de la colaboración público privada, allí confirmé que las empresas estamos preparadas para transformarnos y reinventarnos permanentemente, que las empresas no parten en la línea de ingresos a través de lo que venden y que no terminan en la línea de la utilidad para sus dueños, las empresas somos mucho más sofisticadas y somos actores clave de la sociedad, pues desarrollamos a personas, que a través su trabajo colaboran, crecen y aportan decididamente al bienestar y progreso de la sociedad. Esto que yo hoy les cuento ya lo entendió hace mucho tiempo la prestigiosa organización que hoy nos alberga, que acertadas palabras del Instituto de Ingenieros al decir que su propósito es *“promover la excelencia de la ingeniería y contribuir al desarrollo del país”*.

Hoy la vida y Dios me permiten dedicar tiempo a distintas actividades, al participar como director de empresas. De mi actual agenda, quiero destacar algo que me emociona y me sigue enseñando que las personas no tenemos límites, que las personas podemos crecer, podemos aprender y desarrollarnos. Me refiero a mi rol como director de la Fundación La Protectora de la Infancia. Desde el directorio de esta Fundación que tiene más de 130 años de existencia, presido su fundación educacional y me doy cuenta, día a día, que la educación es lo que debemos legar a los niños y jóvenes. Por supuesto una educación integral, en calidad y valores. Es quizá en ese ámbito donde, quienes hemos tenido la fortuna de acceder a educación podemos devolver a la sociedad, podemos retribuir una parte de todo lo que hemos recibido. Me pregunto, ¿habrá algo más importante para el desarrollo de un país, que formar a niños y jóvenes con principios y valores y también con competencias y habilidades, que les permitan liderar el crecimiento y la transformación de la sociedad? Si me lo permiten, quisiera invitar a cada uno de Uds. a aprovechar esta oportunidad o si ya lo hacen, a desarrollarla con aun más fuerza. Les puedo



*Don Claudio Muñoz, en compañía de la Sra. Ximena Vargas y don Juan Carlos Barros.*

asegurar que no hay nada más reconfortante que ver a un niño o a un joven valorar la educación que recibe, verlos inquietos y curiosos, aprovechando la oportunidad de estudiar. En una sociedad donde la tecnología nos sorprende día a día y donde en la práctica, el acceso a conocimiento es ilimitado, la verdadera diferencia la hace la educación y la formación de talento. Es una educación de calidad en contenido y valores el mejor legado que podemos construir. Apoyar la educación también es parte del legado que nos dejó Don Julio Donoso Donoso, él dedicó parte de su desarrollo profesional a la escuela de Artes y Oficios de Santiago, impartiendo la asignatura de Geometría Descriptiva. Con razón don Julio decía “Deberíamos tratar de unir, cada vez más, lo intelectual con lo espiritual y lo emotivo.

Quiero terminar estas palabras agradeciendo nuevamente este reconocimiento que hoy recibo, que me motiva a seguir buscando formar de apoyar y desarrollar nuestro gran país. Quiero aprovechar esta tribuna para invitarlos a que no nos pongamos límites, la colaboración es una buena receta, el



*Don Claudio Muñoz en compañía de su Sra. esposa, hijos y don Francisco Aylwin.*

ponerse de acuerdo es una buena receta, el intentar construir miradas y sueños comunes es una buena receta. Una receta que ciertamente, con ansias, busca nuestro querido Chile.

Quiero permitirme también felicitar a la Ingeniera Sra. Gloria Henríquez Díaz, quien también recibirá hoy un importante reconocimiento.

Estimadas Autoridades del Instituto de Ingenieros y estimados Ingenieros e Ingenieras de Chile, Gracias por la motivación que hoy nos entregan, gracias por estimularnos a trabajar más y mejor para que nuestro querido país siga progresando, siga avanzando y entregue bienestar y desarrollo a cada uno de sus habitantes y sus familias.

Muchas gracias.

*(Aplausos).*

**Fin de la ceremonia.**

# PREMIO “JUSTICIA ACUÑA MENA – AÑO 2024”

A la Ingeniera doña Gloria Henríquez Díaz



Sra. Gloria Henríquez Díaz recibe la Medalla Recordatoria y Diploma de Honor, premio “Justicia Acuña Mena – Año 2024”.

*El pasado martes 29 de octubre de 2024, en el Salón de Honor del Instituto de Ingenieros, ante una numerosa concurrencia de autoridades y personalidades, se realizó la ceremonia solemne de entrega del premio “Justicia Acuña Mena – Año 2024”, a la Ingeniera Sra. Gloria Henríquez Díaz.*

*Se dio inicio la ceremonia con unas breves palabras del Presidente del Instituto de Ingenieros, don Juan Carlos Barros Monge, quién se refirió al significado de este premio el especial merecimiento de la galardonada de este año, doña Gloria Henríquez.*

*La presentación de la galardonada estuvo a cargo de la Ingeniera Sra. Nélida Heresi, galardonada con el mismo premio el año 2022.*

## El Presidente.

—Sra. Gloria Henríquez Díaz, premio Justicia Acuña Mena año 2024. Sra. Nélide Heresi Milad, Premio Justicia Acuña, año 2022. Sr. Claudio Muñoz Zúñiga, Premio Julio Donoso Donoso año 2024. Sra. Ximena Vargas Mesa, Premio Justicia Acuña Mena 2006, y Raúl Devés Jullian 2017, y vicepresidenta del Instituto. Señoras y Señores.

La labor del Instituto, que este mes cumplió 136 años de existencia, incluye entre sus tareas más gratas e importantes la de reconocer los méritos de algunos de nuestros colegas que se destacan en diversas etapas o aspectos de su vida.

El reconocimiento de los méritos profesionales y personales por parte de sus pares ha constituido siempre un importante acto social, presente ya en las civilizaciones más antiguas. Lamentablemente en nuestro país, al parecer como consecuencia de nuestra particular idiosincrasia, este reconocimiento de los méritos por parte de los pares no ha sido una costumbre muy difundida. Conscientes de este hecho, el Instituto de Ingenieros transcurridos pocos años desde su fundación tomó la iniciativa de distinguir a algunos de los ingenieros que se han destacado en determinados aspectos de su ejercicio profesional.

El “Premio Justicia Acuña”, fue instituido el año 1990 por nuestra Corporación, para premiar a la mujer ingeniera civil que se hubiese destacado en el ejercicio de su profesión, ya sea en el campo público o privado. Se otorga cada dos años y en cada oportunidad que ello acontece, el Directorio nombra una Comisión que examina los antecedentes de las postulantes propuestas por los socios, de entre ellas hace una selección que luego se somete a la consideración del Directorio y del Consejo Consultivo del Instituto los que, reunidos en sesión solemne y en votación secreta, disciernen el nombre de la persona premiada.

Al instaurar este premio, el Instituto de Ingenieros quiso destacar en la mujer agraciada las cualidades que poseía Justicia Acuña Mena en el ámbito personal y profesional. Justicia Acuña ingresó a estudiar la carrera en el año 1913 y hasta el año 1917 fue la única mujer que estudió en la Escuela de Ingeniería de la Universidad de Chile, constituyéndose en la primera mujer Ingeniero en Chile y en Sudamérica.

Justicia Acuña y un grupo muy reducido de otras profesionales mujeres recibidas a principios del Siglo XX fueron

la vanguardia en el derribamiento de barreras y prejuicios, abriendo así el camino para la plena integración de la mujer a la sociedad.

Demás estaría intentar destacar los atributos y condiciones que debió poseer Justicia Acuña para estudiar y recibirse en esas particulares condiciones. Lo seguro es que esos mismos atributos le permitieron luego armonizar sus logros profesionales con su vida familiar.

Cabe hacer notar que entre los compañeros de universidad de Justicia Acuña se contaban don Alfredo Gajardo, quien más tarde sería su marido y don Jorge Alessandri, quien llegaría a la presidencia de la nación.

El premio “Justicia Acuña Mena” año 2024, ha recaído este año en nuestra colega **Gloria Henríquez Díaz**, quien a juicio de los integrantes del Directorio y Consejo Consultivo de nuestro Instituto reúne los atributos personales y profesionales que la hacen merecedora de esta especial distinción a la mujer ingeniera, y será presentada a ustedes con mayor propiedad por la Ingeniera **Nélide Heresi**, distinguida con este premio en el año 2022.

Estimada **Gloria**, muchas felicidades.

*De acuerdo a la tradición, la presentación de la galardonada la efectuó la Ingeniera Sra. Nélide Heresi, premiada el año 2022.*

## Sra. Nélide Heresi.

—Sr. Presidente del Instituto de Ingenieros de Chile, don Juan Carlos Barros, distinguidos miembros del Directorio del Instituto, Autoridades académicas, Sra. Marcela Munizaga, vicedecana de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile, Sra. Gloria Henríquez, Sr. Claudio Muñoz, Ingenieros, colegas, amigos y familiares de los premiados.

Es un honor y un privilegio estar aquí hoy, para presentar a una destacada profesional que no solo ha marcado un hito en la ingeniería en Chile, sino que también su ejemplo ayudará a emprender nuevos caminos para las futuras generaciones de ingenieros y médicos en nuestro país.

Hoy celebramos a la ingeniera Gloria Milena Henríquez Díaz con mucha admiración, la primera ingeniera y médica reconocida por el Instituto de Ingenieros de Chile, figura verdaderamente importante en el ámbito de la ingeniería y la medicina. Su trayectoria es un testimonio inspirador de dedicación, pasión y perseverancia.

Gloria recibe el premio Justicia Acuña, primera mujer ingeniero de Chile, mujer símbolo para nosotros por su coraje, valentía y perseverancia en abrir camino para muchas mujeres. Este premio reconoce no solo logros académicos, sino también la capacidad de impactar positivamente a la sociedad. Admirada Justicia por ser Ingeniera, esposa y madre, labores que desempeñó a cabalidad.

Gloria Henríquez se destaca no solo por ser la primera mujer ingeniero y médica reconocida por el Instituto de Ingenieros, sino también por su legado de esfuerzo y dedicación.

Es Médico Cirujano, titulada en la Universidad de Santiago de Chile en el año 2002, y titulada como Ingeniera Civil Eléctrica en la misma universidad en el año 2015 y ha ido mucho más allá al obtener su doctorado en Ciencias de la Ingeniería, mención Automática, en 2018; un Máster en Epidemiología de la Universidad de La Frontera en 2022. Cuenta con Magister en Ciencias de la Ingeniería USACH, mención Ingeniería Eléctrica, 2015, Master en Epidemiología Clínica Universidad de La Frontera, 2015, Doctora en Ciencias de la Ingeniería, Mención en Automática, USACH, 2018, Magister de la Universidad de Santiago y ha ido mucho más allá de los límites de su profesión y, en 2022, se destacó con un máster en Epidemiología de la Universidad de La Frontera. Estos logros académicos son la base de una carrera que combina la ingeniería y la medicina de manera innovadora y efectiva. Cuenta con diplomados en Geriatría, Medicina Familiar y Data Science 2022. Es impresionante su capacidad de estudio y perseverancia para acometer estas tareas simultáneo con su trabajo.

Su trayectoria profesional es asombrosa. Desde sus inicios en el ámbito de la asistencia médica de urgencia, Gloria ha combinado su pasión por la ingeniería y la salud para hacer contribuciones significativas en su comunidad.

En la actualidad, trabaja en el Centro de Modelamiento Matemático de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Ingeniería donde su trabajo se centra en la intersección entre la ingeniería y la salud, un campo crucial en los

tiempos que corren. Su carrera profesional comenzó en el ámbito de la asistencia médica de urgencia, mostrando su compromiso con el bienestar de la comunidad. Ella se inició en atención primaria en un SAPU en Peñalolén, como médico de atención ambulatoria, médico en agencias de la ACHS, en Help, en el aeropuerto Arturo Merino Benítez, en realidad su carrera es impresionante y hasta fue médico en una Compañía Minera que está a 4500 m de altura, Doña Inés de Collahuasi.

No solo ha hecho contribuciones importantes en el campo privado, sino que también ha dedicado su tiempo a la docencia. Gloria ha enseñado en la Universidad de Santiago de Chile y en la Universidad de Chile, transmitiendo su vasta experiencia a nuevas generaciones de profesionales, particularmente en el área de la terminología médica y semiología. Su interés por la educación y su deseo de empoderar a otros son cualidades que la distinguen.

Yo me preguntaba, quién es esta “supermujer” con esta capacidad de estudio, paciencia, personalidad orientada al logro y buscadora constante de su rumbo y encontrar su nicho, curiosa, mentalidad cartesiana, etc. etc.

Tuve el gusto de conversar con ella personalmente y conocer un poco que hay más allá de esta profesional destacada. Yo le dije, conozco muy bien tu curriculum pero, no sé nada de ti. Tuvo que soportar un largo interrogatorio que para mí fue muy enriquecedor.

Gloria es una persona que trasmite la sensación de estar en paz consigo misma, con sus logros, su historia y su futuro. Ella es muy empática, afectuosa y yo tuve la impresión de que la conocía desde hace mucho tiempo.

Ella es la mayor de 3 hermanos, primera generación universitaria e imagino que debe ser un orgullo para su familia, pero, también una valla muy, muy alta para convivir. Me admiró la forma como se fue formando y me impresionó que trabajó en forma simultánea casi todo su tiempo de estudio. Es intrínsecamente curiosa, lo que hace entender su búsqueda permanente de diferentes horizontes. Para mí, fue muy grato nuestro breve encuentro a pesar de que me hubiese gustado prolongar nuestra conversación. Espero que así sea en el futuro.

Por todo esto, es un honor presentar a Gloria Milena Henríquez Díaz como la galardonada con el Premio Justicia

Acuña Mena 2024. Este premio no solo es un reconocimiento a su excepcional trayectoria, sino también a su papel como pionera, modelo a seguir y fuente de inspiración para todas las mujeres en ingeniería y medicina en Chile.

Felicitaciones, Gloria. Tu trabajo, creatividad y dedicación iluminan el camino a seguir para muchos. ¡Sigue volando alto!

Muchas gracias.

*(Aplausos).*

*A continuación, se procedió a hacer entrega del Diploma de Honor y una Medalla recordatoria a la Sra. Henríquez. Acto seguido, ella agradeció la distinción en los siguientes términos.*

### **Sra. Gloria Henríquez Díaz.**

—Presidente del Instituto de Ingenieros, Sr. Juan Carlos Barros, Vicedecana de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile, Sra. Marcela Munizaga, Premio Justicia Acuña del año 2022, Sra. Nélida Heresi, directores y miembros del Instituto de Ingenieros, familiares y amigos.

Es un honor para mí haber sido galardonada con el premio Justicia Acuña quien ha sido una figura inspiradora para muchas mujeres, tal como lo fue también Eloísa Díaz en el ámbito de la medicina, sobre todo si pensamos en las dificultades que debieron pasar para lograr sus metas y sueños hace poco más de un siglo. En mi caso, las mujeres inspiradoras también han estado dentro de mis antepasados: a Eduvigis nunca la conocí, nació a fines del Siglo XIX y en una época en que las mujeres debían quedarse en casa, ella trabajaba remuneradamente en el Hospital del Salvador, y su historia de esfuerzo siempre fue un ejemplo para mí. Mis abuelas y mi mamá siguieron este mismo camino de mujeres trabajadoras.

Desde niña siempre fui muy curiosa, inquieta, me gustaba aprender cosas. Con los años me transformé en buena alumna y entré a estudiar Medicina en la Universidad de Santiago de Chile. Al titularme de médico me di cuenta de que había muchas necesidades tecnológicas no cubiertas en el área de la salud, lo que siempre nos hacía depender



*Sra. Gloria Henríquez, durante su discurso.*

de otros países, de intermediarios, con costos altísimos y... ahí se me ocurrió estudiar ingeniería civil eléctrica, lo cual también hice en la Universidad de Santiago de Chile. Trabajar y estudiar no fue para nada fácil, del servicio de urgencia o la consulta me iba a la universidad y viceversa, pero en todo ese proceso siempre me encontré con personas buenas, que hicieron que el camino fuera amable o que me hacían salir adelante cuando la fatiga quería ganarle a las ganas de seguir.

Terminando ingeniería se podía hacer el magíster y esa fue una oportunidad que tomé: mi tesis se trató del diseño de una grúa para uso intradomiciliario para movilizar a pacientes con discapacidad física severa y este fue mi primer trabajo de ingeniería aplicada a la medicina. Pero no me quedé con eso y realicé un doctorado en automática, también en la Universidad de Santiago de Chile, y así el 2014 comencé a trabajar temas de inteligencia artificial aplicada a salud, donde mi tesis fue la predicción de consultas de urgencia por enfermedades respiratorias según índices de calidad del aire. Cuando terminé el doctorado dejé de trabajar en atención de pacientes y pasé al desarrollo de proyectos en una empresa de telemedicina, donde estuve casi 4 años y fui Gerente de Innovación. Hace poco más de 2 años llegué



*Sra. Gloria Henríquez en compañía de familiares y amigos.*

a mi trabajo actual, donde soy investigadora y trabajo en proyectos de salud digital. También hice un Magíster en Epidemiología Clínica en la Universidad de La Frontera, cuyos aprendizajes estoy aplicando permanentemente en mi trabajo actual.

Entre mis actividades no convencionales o extralaborales, hace unos 6 años comencé a participar activamente en el Colegio de Ingenieros, fui Vicepresidenta del Consejo de Especialidad Eléctrica y actualmente soy miembro de la Comisión de Salud. El 2020 me invitaron a participar de una iniciativa llamada “Matilda y las Mujeres en Ingeniería en América Latina” creada por ACOFI (Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería) y CONFEDI (Consejo Federal de Decanos de Ingeniería de Argentina) cuyo fin es incentivar a las niñas de Latinoamérica a estudiar ingeniería; partimos personas de 5 países y actualmente ya estamos en 11 países. Les menciono estas cosas porque hay mucho trabajo por delante al que invito a más personas a sumarse. También he participado en comisiones en el Instituto de Ingenieros y en la Academia Chilena de Medicina.

Quisiera agradecer al Instituto de Ingenieros por concederme este premio, en especial al Sr. Alejandro Steiner por creer que yo debía ser merecedora de recibirlo y hacer realidad la postulación. También quiero agradecer a mi familia, mis padres por mi formación, a mi marido por ser mi compañero de vida los últimos 18 años, a mi hermana y sobrina que siempre me han acompañado.

A las personas que invité les quiero decir que no están aquí por casualidad, sino porque cada una representa distintas etapas de lo que he vivido y sigo viviendo, sobre todo etapas significativas. Hay personas que me hubiera encantado que asistieran, pero por trabajo o por distancia, lamentablemente, no pudieron venir. De todas formas, quiero agradecerles a todos por haber estado o por estar presentes en mi vida.

¡Gracias!

*(Aplausos).*

**Fin de la ceremonia.**

# PREMIO

## “RAMÓN SALAS EDWARDS – AÑO 2024”

Diseño y Construcción del Sistema Óptico Receptor de la Banda 1  
del Observatorio ALMA



Premio “Ramón Salas Edwards – Año 2024”, Sres. Ricardo Finger, Leonardo Bronfman, José Pizarro y la Srta. Valeria Tapia.

*En solemne ceremonia realizada en el Salón de Actos de nuestra Institución, el día jueves 24 de octubre de 2024, el Instituto de Ingenieros de Chile, hizo entrega del premio “Ramón Salas Edwards – Año 2024” a los Ingenieros Sres. Ricardo Finger, Leonardo Bronfman, Nicolás Reyes, Patricio Mena, Valeria Tapia, Pablo Zorzi, Claudio Jarufe y José Pizarro por su trabajo “Diseño y Construcción del Sistema Óptico Receptor de la Banda 1 del Observatorio ALMA”.*

*Este Premio fue instituido para destacar el mejor trabajo científico o tecnológico relacionado con la Ingeniería, y se otorga cada año a la, o las personas que, en conjunto, hayan elaborado y publicado dicho trabajo dentro de los 5 años anteriores al año en que se otorga dicho premio.*

*El Presidente, don Juan Carlos Barros, dio inicio a la ceremonia con una breve alocución, refiriéndose a la naturaleza de este Premio y a su significado dentro del Instituto y en la comunidad de los ingenieros.*

*Posteriormente, realizó la presentación de los galardonados, el Sr. Miguel Ropert, director del Instituto de Ingenieros.*

## El Presidente.

—Sra. Salomé Martínez Salazar, premio Al ingeniero por Acciones Distinguidas - 2024. Sr. Leonardo Basso, Premio Al ingeniero por Acciones Distinguidas, año 2023.

Estimados autores del trabajo galardonado este año con el premio Ramón Salas Edwards – año 2024, Al proyecto “DAS CATA Diseño y Construcción del Sistema Óptico Receptor de la Banda 1 del Observatorio ALMA”, de los autores, Ricardo Finger, Leonardo Bronfman, Nicolás Reyes, Patricio Mena, Valeria Tapia, Pablo Zorzi, Claudio Jarufe y José Pizarro.

Sr. Miguel Ropert Dokmanic quien representa al Sr. Ivan Krastev Dimov, autor del trabajo premiado el año 2023 con el premio Ramón Salas Edwards, titulado: “Orca-T, una terapia celular alogénica de alta precisión en investigación para pacientes con cánceres de la sangre que sean elegibles para un trasplante de células madre hematopoyéticas”.

Familiares y amigos de los galardonados. Sres. Directores. Socios del Instituto. Señoras y señores.

La labor del Instituto, que este mes cumple 136 años de existencia, incluye entre sus tareas más gratas e importantes la de reconocer los méritos de algunos de nuestros colegas que se destacan en diversas etapas o aspectos de su vida.

El reconocimiento de los méritos profesionales y personales por parte de sus pares ha constituido siempre un importante acto social, presente ya en las civilizaciones más antiguas. Lamentablemente en nuestro país, al parecer como consecuencia de nuestra particular idiosincrasia, este reconocimiento de los méritos por parte de los pares no ha sido una costumbre muy difundida. Conscientes de este hecho, el Instituto de Ingenieros transcurridos pocos años desde su fundación tomó la iniciativa de distinguir a algunos de los ingenieros que se han destacado en determinados aspectos de su ejercicio profesional.

El premio “Ramón Salas Edwards” ha recaído este año en el proyecto DAS CATA Diseño y Construcción del Sistema Óptico Receptor de la Banda 1 del Observatorio ALMA”, de los autores, Ricardo Finger, Leonardo Bronfman, Nicolás

Reyes, Patricio Mena, Valeria Tapia, Pablo Zorzi, Claudio Jarufe y José Pizarro.

Este Premio fue instituido para destacar el mejor trabajo científico o tecnológico relacionado con la Ingeniería y se otorga cada año a la o las personas que, hayan elaborado y publicado dicho trabajo en los 10 años anteriores a aquel en que se otorga dicho premio.

Todos los años, el Directorio nombra una Comisión que examina los trabajos que han sido propuestos, emite un informe y lo somete a la consideración del Directorio y del Consejo Consultivo de la Corporación, que reunidos en sesión solemne y votación secreta disciernen el nombre del trabajo premiado.

El premio lleva el nombre de don Ramón Salas Edwards, quien fue descrito por el ingeniero Raúl Sáez como “un sobresaliente ingeniero, brillante matemático, investigador original y antes que nada, maestro por vocación”. Ante la necesidad importante y urgente de promover entre nuestros ingenieros la realización de trabajos científicos y tecnológicos, Raúl Sáez explicaba la decisión del Instituto de crear este premio, agregando que: “perpetúa el recuerdo de un hombre eminente que engrandeció nuestra profesión y cuyos aportes a la investigación alcanzó relieves internacionales”.

Este año corresponderá al Sr. Miguel Ropert, presentar el trabajo premiado este año y, de esta forma, testimoniar en él los aspectos que caracterizan el trabajo distinguido y que honran la memoria de don Ramón Salas Edwards. Por ello sólo me limitaré a señalar a los asistentes a esta ceremonia, que nos encontramos ante un trabajo hecho por profesionales cuyos atributos coinciden plenamente con aquellos requisitos que deben darse para ser distinguidos con este Premio.

Extiendo a los autores del trabajo galardonado mis sinceras felicitaciones.

Muchas gracias.

*A continuación, don Miguel Ropert, director del Instituto hizo la presentación del trabajo galardonado.*

**Sr. Miguel Ropert D.**

—Muy buenos días.

Estimados galardonados, presidente del Instituto, autoridades presentes, colegas, familiares, amigos.

Me ha correspondido este año el honor de presentar el trabajo galardonado año 2024 “Diseño y construcción del sistema óptico receptor de la Banda 1 del observatorio ALMA” de los autores Ricardo Finger, Leonardo Bronfman, Nicolás Reyes Patricio Mena, Valeria Tapia, Pablo Zorzi, Claudio Jarufe y José Pizarro.

La construcción de la banda 1 de ALMA constituye un hito de la ingeniería nacional, pues es la primera vez que una institución chilena participa en el diseño y construcción de un instrumento para un gran observatorio como los que operan en el norte de nuestro país

El observatorio ALMA es el fruto de la colaboración técnica y financiera de la Unión Europea, Japón, Canadá, EEUU, Taiwan y Corea del Sur.

El diseño del observatorio considera 66 antenas inicialmente capacitadas para operar con las bandas 3, 4, 5 y 6, que son las más usadas por la astronomía submilimétrica.

Otras bandas que operan en el espectro de radiotelescopios debían agregarse en el curso del tiempo.

El laboratorio del departamento de astronomía de la U. de Chile (DAS), asociada con el Centro Astrofísica y Tecnología Afines, (CATA) y en colaboración con Japón, fueron escogidos para el desarrollo de la Banda 1.

La banda 1 se caracteriza por estar enfocada en frecuencias más bajas, lo que permite observar el universo más frío, como nubes moleculares, gas y polvo a bajas temperaturas, así como moléculas complejas que emiten en longitudes de onda más bajas.

Esto posibilita estudiar las etapas iniciales de formación estelar y planetaria, así como procesos químicos complejos.

Estos observatorios utilizan la más alta tecnología disponible y desarrollan nuevas tecnologías más allá del estado del arte, por tanto, construir un instrumento para ALMA ha demostrado que la ingeniería chilena es de clase mundial y puede contribuir al futuro de la astronomía.

Hoy en día, la banda 1 se completó con éxito y está disponible para la comunidad científica

Es un honor para mí presentar este trabajo, un orgullo para el país. Por las grandes inversiones en observatorios, Chile se está convirtiendo en la capital del mundo en astronomía. La ingeniería y la tecnología chilena están entrando fuertemente para incorporarse en este desarrollo.

Debemos dar las gracias a los ingenieros Ricardo Finger, Leonardo Bronfman, Nicolás Reyes, Patricio Mena, Valeria Tapia, Pablo Zorzi, Claudio Jarufe y José Pizarro por el trabajo de tanto tiempo, tantos años, que permitió que nuestra ingeniería esté presente en estos desarrollos de primer orden a nivel mundial.

¡Felicitaciones!

*(Aplausos).*

*Acto seguido, don Ricardo Finger en nombre de todos los autores, da unas palabras de agradecimientos por el premio otorgado y hace una presentación de lo que significó este trabajo.*

**Sr. Ricardo Finger C.**

—Muy buenos días a todos los presentes. Galardonados, colegas y amigos.

Para mí, como para todo el equipo que intervino en este desarrollo, fue una grata noticia saber hace unos meses, que el Instituto de Ingenieros de Chile nos había distinguido con el Premio Ramón Salas Edwards año 2024. Este trabajo ha sido minucioso y extenso; por ello hoy deseo expresar nuestros sinceros agradecimientos al Instituto por esta distinción.

A continuación, haré una breve presentación en la cual podrán entender de qué trata y las distintas etapas que debimos superar para lograr nuestro objetivo.



*Sr. Ricardo Finger, durante su discurso.*

Cerro Calán  
Observatorio Astronómico Nacional

CONICYT  
Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica

fcfm  
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS  
UNIVERSIDAD DE CHILE

### Desarrollo del Sistema óptico del receptor de la banda 1 del radiotelescopio ALMA

Ricardo Finger Camus  
Profesor Asociado  
Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas  
Universidad de Chile



## Las primeras 4 bandas de ALMA



R. Fiegor  
University of Chile

Page 3

## En 2013, se forma el consorcio que construirá la Banda 1 de ALMA: Japon, Taiwan, EEUU, Canada y Chile

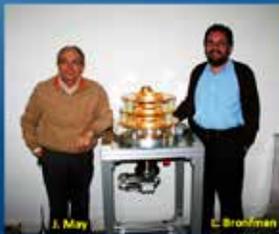


R. Fiegor  
University of Chile

PDR  
Santiago  
2014

## En 2007 se postula el Centro de Astrofísica y Tecnologías Afines (CATA)

Jorge May y Leonardo Bronfman proponen que Chile construya un prototipo de la Banda 1 de ALMA, como principal actividad del área de Instrumentación astronómica del CATA. Esta propuesta tuvo el apoyo de ALMA, bajo la dirección de Massimo Tarengi y de CALTECH a través de Tony Reedhead.



R. Fiegor  
University of Chile

Page 4



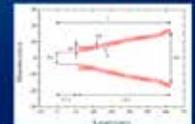
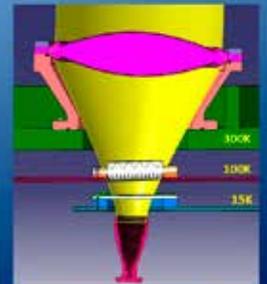
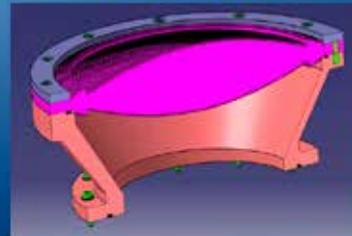
El proyecto es adjudicado en 2008. CATA incorpora el área de instrumentación a cargo de Leonardo Bronfman. Comienza el diseño del prototipo



## ALMA Band 1 Optics

- Lente bi-hiperbólico de Fresnel
- Filtros infrarrojos
- Antena de bocina

Objetivos: Máxima acoplamiento del haz con la antena, máximas reflexiones, mínima adición de ruido.



R. Fiegor  
University of Chile

No hay una forma simple de conectar las propiedades de la óptica a la geometría de la antena y lens. Solo queda proponer una estimación educada, y resolver las ecuaciones de Maxwell de forma numérica.

El trabajo de diseño y construcción del prototipo se realizó principalmente por estudiantes de posgrado. Tomó 5 años y nos permitió demostrar a la comunidad Internacional el potencial de la ingeniería nacional



R. Fiegor  
University of Chile



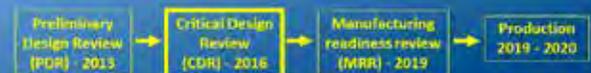
P. Zeraf, "DESIGN AND CONSTRUCTION OF AN OPTICAL SYSTEM FOR A 31-45 GHz RADIOASTRONOMICAL RECEIVER" Ph. D. thesis

N. Reyes, "DESIGN OF A RECEIVER AT 31-45 GHz BASED ON HEMT AMPLIFIERS AND SCHOTTKY MIXERS", Ph. D. thesis.

C. Jarufe, "Diseño y fabricación de un amplificador de microondas de bajo ruido para la banda de 31.45 GHz".



## En 2013, se forma el consorcio que construirá la Banda 1 de ALMA: Japon, Taiwan, EEUU, Canada y Chile



R. Fiegor  
University of Chile

Taipei  
2016

### Hora de construir

J. Pizarro

### Banda 1 instalada en ALMA

R. Finger  
University of Chile

Page 14

### Hora de construir

Pruebas de deformación en vacío

Pruebas metrológicas

Detalle de las cotas y tolerancias

### En resumen, Invertimos:

- 5 años para validarnos internacionalmente (2008 – 2012)
- 6 años para diseñar, prototipar, caracterizar y defender el trabajo en múltiples revisiones internacionales (2013- 2019)
- 2 años para construir los sistemas ópticos (2019-2020)

Este trabajo no hubiese sido posible sin la visión de largo plazo de **Jorge May** y **Leonardo Bronfman**, el apoyo decidido de **CATA** (**María Teresa Ruiz** y **Guido Garay**) y el apoyo de la **FCFM**, especialmente de su decano **Francisco Brieva** impulsor del Programa “Construyendo Puentes Interdisciplinarios”.

A todos ellos y a todo el equipo, mis sinceros agradecimientos.

R. Finger  
University of Chile

Page 15

### Pruebas radiométricas

V. Tapia, “Design and measurements of an optical system for ALMA Band 1”, M. Sc. thesis, Universidad de Chile, 2015.

R. Finger  
University of Chile

Page 17

### Muchas gracias

Ricardo Finger,  
Leonardo Bronfman, Nicolás Reyes, Patricio Mena,  
Valeria Tapia, Pablo Zorzi,  
Claudio Jarufe y José Pizarro.

## PREMIOS A LOS ALUMNOS DESTACADOS DE INGENIERÍA CIVIL - AÑO 2024



*Galardonados y Autoridades del Instituto de Ingenieros y de cada Casa de Estudios.*

*El jueves 10 de octubre de 2024, en el Salón de Honor del Instituto de Ingenieros de Chile, tuvo lugar la ceremonia de entrega de los premios “MARCOS ORREGO PUELMA”, “ISMAEL VALDÉS VALDÉS” y “ROBERTO OVALLE AGUIRRE” – Año 2024.*

*Don Juan Carlos Barros, presidente del Instituto de Ingenieros, inició este solemne acto con una breve y significativa alocución en la que destacó el fundamento de cada premio.*

## El Presidente.

—Estimados Decanos y Representantes de las Facultades de Ingeniería que nos acompañan el día de hoy.

Distinguidos premiados, familiares de los galardonados, señoras y señores:

Me es muy grato dar a ustedes la más cordial bienvenida a la ceremonia que hoy nos reúne, y que es doblemente significativa para nuestra Institución.

En efecto, por un lado, el Instituto de Ingenieros de Chile, a través de las distinciones que hoy entrega, honra la memoria de prestigiosos Ingenieros cuyos nombres invocamos en estos galardones y, por otra parte, rendimos un merecido homenaje a los Ingenieros Civiles más destacados que han egresado de nuestras Universidades.

Antes de hacer una breve referencia sobre quiénes fueron los señores Marcos Orrego, Ismael Valdés y Roberto Ovalle, permítanme contarles brevemente sobre el procedimiento de selección de quienes hoy distinguiremos.

Cada año, el Instituto solicita a las respectivas Facultades o Escuelas de Ingeniería de las Universidades de las cuales son egresados nuestros premiados, proposiciones de no más de 5 candidatos, que consideren idóneos para cada uno de los premios señalados.

Con la proposición efectuada, el Instituto forma una Comisión integrada por uno o más miembros del Directorio y un miembro del Consejo Consultivo de nuestra Institución, que junto a los Decanos o académicos que cada Facultad designa en su representación, examinan los antecedentes de los candidatos, los selecciona y efectúa la proposición al Directorio y al Consejo Consultivo de nuestra Corporación, que en sesión conjunta y solemne procede a discernir cada uno de los premios.

Los nombres y fundamentos de cada uno de los premios que hoy se otorgan son los siguientes:

### PREMIO “MARCOS ORREGO PUELMA”

—Don Marcos Orrego Puelma, nació en 1890 y falleció en 1933, fue un prestigioso Ingeniero egresado de la

Universidad de Chile en 1916. En él se puede apreciar la amalgama más estrecha de honor, virtud, rectitud, esfuerzo constante y digno, en una época marcada de vacilaciones y convencionalismos.

Destacó entre sus compañeros por su inteligencia, dedicación y desprendimiento y su gran espíritu de servicio, además de su carácter noble y justo, que lo llevó a representar a su curso como delegado ante la Federación de Estudiantes de Ingeniería.

Desempeñó importantes cargos en la Empresa de Ferrocarriles del Estado, en el Ministerio de Economía y posteriormente en la industria privada, siendo miembro del Directorio del Instituto desde 1921 hasta su fallecimiento en el año 1933.

Este Premio, que lleva su nombre, se instituyó en el año 1936, y se otorga cada año al mejor alumno entre los Ingenieros egresados de la Universidad de Chile, Pontificia Universidad Católica de Chile, Universidad de Concepción, Universidad Técnica Federico Santa María, Universidad de Santiago de Chile, Universidad Diego Portales, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso y Universidad de los Andes, de la promoción del año inmediatamente anterior al del otorgamiento del premio.

### PREMIO “ISMAEL VALDÉS VALDÉS”

—Don Ismael Valdés Valdés, nació en 1859 y falleció en 1949, fue un prestigiado Ingeniero titulado en la Universidad de Chile en el año 1878.

De personalidad marcada por una inteligencia clara, servida por una vigorosa formación moral, tuvo pasión por el cumplimiento del deber, demostrando fuerza de ideales y capacidad de realizaciones, que sólo coexisten en los individuos predestinados a tomar parte activa en las grandes empresas de nuestro país.

Se distinguió por su dilatada y fructífera vida pública, en el campo político, gremial y filantrópico.

El año 1927 el Instituto de Ingenieros de Chile le designó Miembro Honorario y más tarde, en 1938, le otorgó la Medalla de Oro, distinción con la que anualmente se honra a un ingeniero, que es elegido entre los que se estima dignos

de tal galardón por los servicios prestados al país en alguna de las múltiples actividades de la ingeniería.

El Premio Ismael Valdés Valdés fue instituido en el año 1953 y se otorga cada año a los Ingenieros egresados de las Universidades que he mencionado anteriormente, y se hayan distinguido simultáneamente por:

1. Las aptitudes para organizar y dirigir.
2. Las condiciones morales.
3. La preparación técnica.

### PREMIO “ROBERTO OVALLE AGUIRRE”

—Don Roberto Ovalle Aguirre, nació en 1892 y falleció en 1974, se tituló de Ingeniero Civil en 1917 en la Universidad de Chile, fue uno de los más destacados y eficientes hombres de nuestro país. Poseedor de las condiciones necesarias para constituirse en jefe indiscutido: honradez, inteligencia vigorosa y rápida, conocimientos, gran carácter y justo sentido de la autoridad, tenía la virtud de imponer sus opiniones sin provocar reacciones desfavorables. Supo conciliar la severidad con la justicia, la comprensión y la bondad. Siempre comprendió que el máspreciado elemento de que puede disponer una industria es el esfuerzo humano, por eso, no escatimó sacrificios para dar a sus trabajadores el mayor bienestar posible.

Propició y llevó a cabo numerosas iniciativas en favor de los trabajadores: a él se deben los Departamentos de Bienestar Social y la creación de poblaciones obreras. En este aspecto, dejó una lección de solidaridad humana, que tuvo el raro privilegio de ser reconocida por su personal mientras él actuaba.

El Premio “Roberto Ovalle Aguirre”, fue instituido en el año 1949 y distingue a los Ingenieros egresados de las Universidades que ya hemos mencionado y se otorga cada año al, o a los autores del mejor proyecto o memoria para obtener el título de Ingeniero Civil, que esté relacionado con la instalación o explotación de una industria relevante para el fomento de la economía nacional.

Antes de finalizar estas palabras, permítanme los premiados, en mi calidad de Presidenta del Instituto de Ingenieros, complementar la información que se les diera en la reunión

a la que fueron invitados en septiembre recién pasado, en la que se les explicó brevemente la misión de nuestra Corporación.

La Institución que hoy los distingue, que cumple 134 años de existencia el próximo 28 de octubre, sigue vigente y desarrollándose con gran vitalidad. Sus miembros estamos empeñados en cumplir los postulados de nuestro acto fundacional, informando, en nuestro caso, a las nuevas generaciones de ingenieros acerca de los aspectos que distinguen al Instituto de cualquier otra entidad de este país.

Su esencia consiste en que aquellos ingenieros que ingresan como socios tienen presente que esta es una entidad que tiene como característica fundamental, el que sus socios hacen un aporte al desarrollo de la enseñanza de la ingeniería, a ella como disciplina y como consecuencia de lo anterior al desarrollo de nuestro país. Esta forma de colaboración, este voluntariado, es la que ha adoptado el Instituto desde su creación y así lo han entendido sus asociados que han permanecido fieles a esta tradición.

Es en el contexto anotado que también debo mencionar a ustedes que el directorio de esta corporación acordó hace ya varios años, que los ingenieros agraciados con estos premios y que se sientan motivados por los fines que persigue el Instituto, si lo desean puedan ingresar como miembros, sin necesidad de incurrir en el pago de la membresía por los primeros dos años de pertenencia.

En relación a esto último, hago mención a los galardonados, que el Instituto tiene un Programa de Mentores. Este consiste en tener ingenieros senior en calidad de tutores de ingenieros jóvenes recién titulados, que se inician en el mundo laboral, que lo han solicitado, y que han ingresado al Instituto en calidad de socios activos, con el objeto de darles orientación profesional y laboral que alguno pudiese requerir.

Permítanme entonces expresar mis más sinceras felicitaciones a los Ingenieros que hoy serán distinguidos y a sus familias.

Muchas gracias.

*Acto seguido, el presidente procedió a hacer entrega de los Diplomas y Medallas a los galardonados:*



*Premio “Marcos Orrego Puelma – Año 2024”.*

### Premio “Marcos Orrego Puelma”

- Universidad de Chile: Felipe Osiel Hernández Castro.
- P. Universidad Católica de Chile: Víctor Antonio Tirreau Román
- Universidad de Concepción: Cristopher Alexander Oñate Mardones
- Universidad Técnica Federico Santa María: Ignacio Andrés Riveros Gaete
- Universidad de Santiago de Chile: Lucas Alonso Gana Reyes
- Universidad Diego Portales: Yanara Belén Muñoz Penroz
- P. Universidad Católica de Valparaíso: Luciano Nathanael Gutiérrez Alfaro
- Universidad de Los Andes: María Francisca Binder Correa

### Premio “Ismael Valdés Valdés”

- Universidad de Chile: Dasla Charlotte Pando Flores
- P. Universidad Católica de Chile: Paolo Enrico Fabia Valdatta
- Universidad de Concepción: Pablo Ignacio Reyes Polanco
- Universidad Técnica Federico Santa María: Matías Felipe Zanetta Aroca
- Universidad de Santiago de Chile: Gonzalo Raúl Toledo Ordóñez
- Universidad Diego Portales: Maximiliano Andrés Vargas Viera
- P. Universidad Católica de Valparaíso: Carlos Andrés Muñoz Ruiz
- Universidad de Los Andes: Florencia Andrea Colossi Pastén



Premio “Ismael Valdés Valdés – Año 2024”.

### Premio “Roberto Ovalle Aguirre”

- Universidad de Chile: Ana Valentina Puentes Alarcón
- P. Universidad Católica de Chile: Natalia Soledad Escobar Beiza
- Universidad de Concepción: Matías Felipe Contreras Rivera
- Universidad Técnica Federico Santa María: Nicole Francisca Smith Parra
- Universidad de Santiago de Chile: Natalia Yulissa Velastín Osorio
- Universidad Diego Portales: Karina Angélica Gutiérrez Guajardo
- P. Universidad Católica de Valparaíso: Valentina Sofía Sepúlveda Jarpa
- Universidad de Los Andes: Diego Andrés Aparicio Vallejos

*A continuación, el ingeniero Paolo Fabia Valdatta, premio Ismael Valdés Valdés de la P. Universidad Católica de Chile, en representación de los premiados expresó sus agradecimientos, en los siguientes términos.*

### **Sr. Paolo Fabia Valdatta.**

—Estimado presidente del Instituto de Ingenieros de Chile, don Juan Carlos Barros, autoridades presentes, familias, colegas y a todos los galardonados el día de hoy.

Quiero partir agradeciendo profundamente al Instituto de Ingenieros de Chile y las autoridades de nuestras universidades por estos importantes reconocimientos que hoy humildemente recibimos. Es para todos nosotros sin duda un honor, una gran satisfacción y motivo de orgullo.



Premio “Roberto Ovalle Aguirre – Año 2024”.

Hablar en esta ceremonia es un desafío, pues el objetivo es intentar representar a mi generación de premiados cuando a muchos los conozco recién hoy, y solo sé de antemano que son ingenieras e ingenieros destacados en sus tempranas etapas profesionales. Por lo mismo, me parece pertinente referirme simplemente a eso, a la ingeniería, y cuál es el sentido que tiene, al menos desde mi punto de vista, hacer ingeniería en la actualidad.

Tenemos la fortuna de haber escogido y habernos esforzado para obtener un título profesional que nos permite aportar e impactar en muchísimas áreas diferentes, no solo por sus diversas disciplinas, sino también por el amplio espectro laboral en cada una de estas. Esto nos abre muchas puertas, pero al mismo nos presenta ante la famosa paradoja de elección que desarrolló el psicólogo Barry Schwartz, que describe la *tendencia del ser humano a estar menos satisfecho con las decisiones que toma, en cuanto más alternativas tenga para elegir*.

Varios de nosotros, especialmente al salir de la universidad, hemos experimentado estas complejas decisiones pivotes para encausar nuestras carreras hacia aquellas metas u objetivos que nos interesan, que nos potencian o que nos hacen entrar en *resonancia*. Ante estos problemas de (in)decisión, es muy importante hacernos las preguntas correctas, y una de ellas tiene que ver con volver al origen: ¿qué rol tengo o quiero tener en la sociedad como Ingeniero o Ingeniera?

Personalmente, pienso que, hoy más que nunca, tenemos la posibilidad y el deber de imaginar. Sí, imaginar por sobre integrar, extrapolar o demostrar con lógica proposicional.

El autor Martin Reeves define la imaginación como la habilidad de crear un modelo mental de algo que todavía no existe. En ingeniería tendemos a aplicar un pensamiento factual, usando datos para analizar y determinar qué es lo que está pasando, o bien para predecir qué es lo que podría pasar. Pero en ocasiones también debemos utilizar

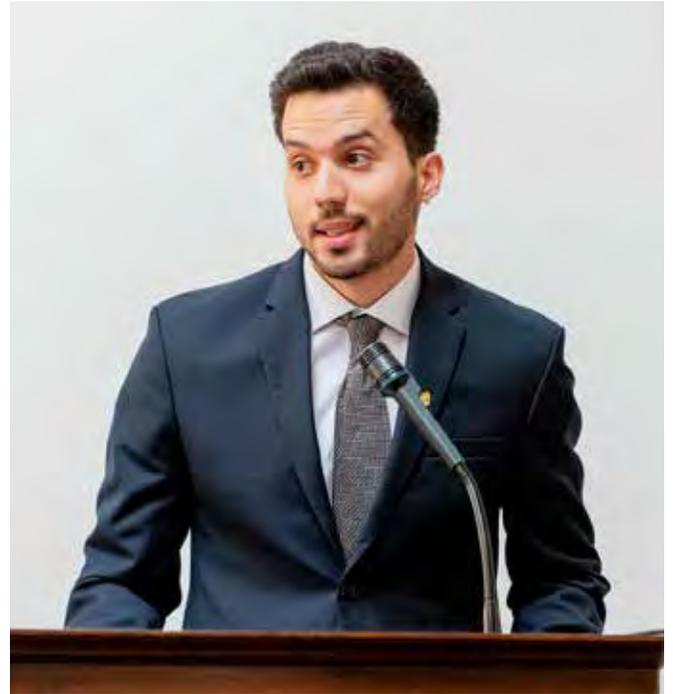
un pensamiento contrafactual, que es precisamente la habilidad de crear objetos mentales nuevos, de explorar lo que no existe.

En el contexto actual de rápida expansión de nuevas tecnologías y de un estrepitoso desarrollo de la inteligencia artificial, donde cambios estructurales parecieran ser una tarea titánica de abordar, es fácil pensar que todo lo que se tenía que hacer, ya se hizo, o que las cosas no pueden ser de otra manera. Pero recordemos que cada modelo de negocio que existe hoy en día no era más que un modelo mental en un inicio. Incluso algo tan tradicional como un banco es, en el fondo, una idea, un modelo mental imaginado, y que puede ser re-imaginado.

Debemos hacer este esfuerzo de imaginar, porque hay cosas que no funcionan hoy en día y cosas que se pueden hacer mejor. ¡Y es que pensar radicalmente es una actividad libre de riesgo! Podemos darnos la oportunidad de construir una realidad alternativa emocionante y descubrir sus beneficios potenciales, antes de que la anticipación de cualquier dificultad estreche nuestra mente.

Así mismo, como ingenieros e ingenieras no nos podemos quedar solo ahí, debemos pasar de imaginar a ingeniar. Usar los recursos y herramientas que adquirimos para materializar estas ideas y transformar realidades.

Como ingeniero en computación, por ejemplo, me imagino un sistema integrado de bases de datos que permitan la asignación de beneficios sociales de una manera más eficiente y justa. Me gustaría saber lo que imagina un ingeniero estructural y de construcción sobre la crisis de vivienda y cómo revertirla, o un ingeniero hidráulico sobre los desafíos de acceso a agua potable en Chile. Cómo se imaginará un Ingeniero industrial un mecanismo de ahorro previsional para mejorar pensiones y al mismo tiempo alcanzar la mejor rentabilidad posible, o un Ingeniero Químico con un Ingeniero en Minería, sobre la mejor manera de desarrollar la producción de Hidrógeno Verde, cuyos costos de



*Sr. Paolo Fabia V.*

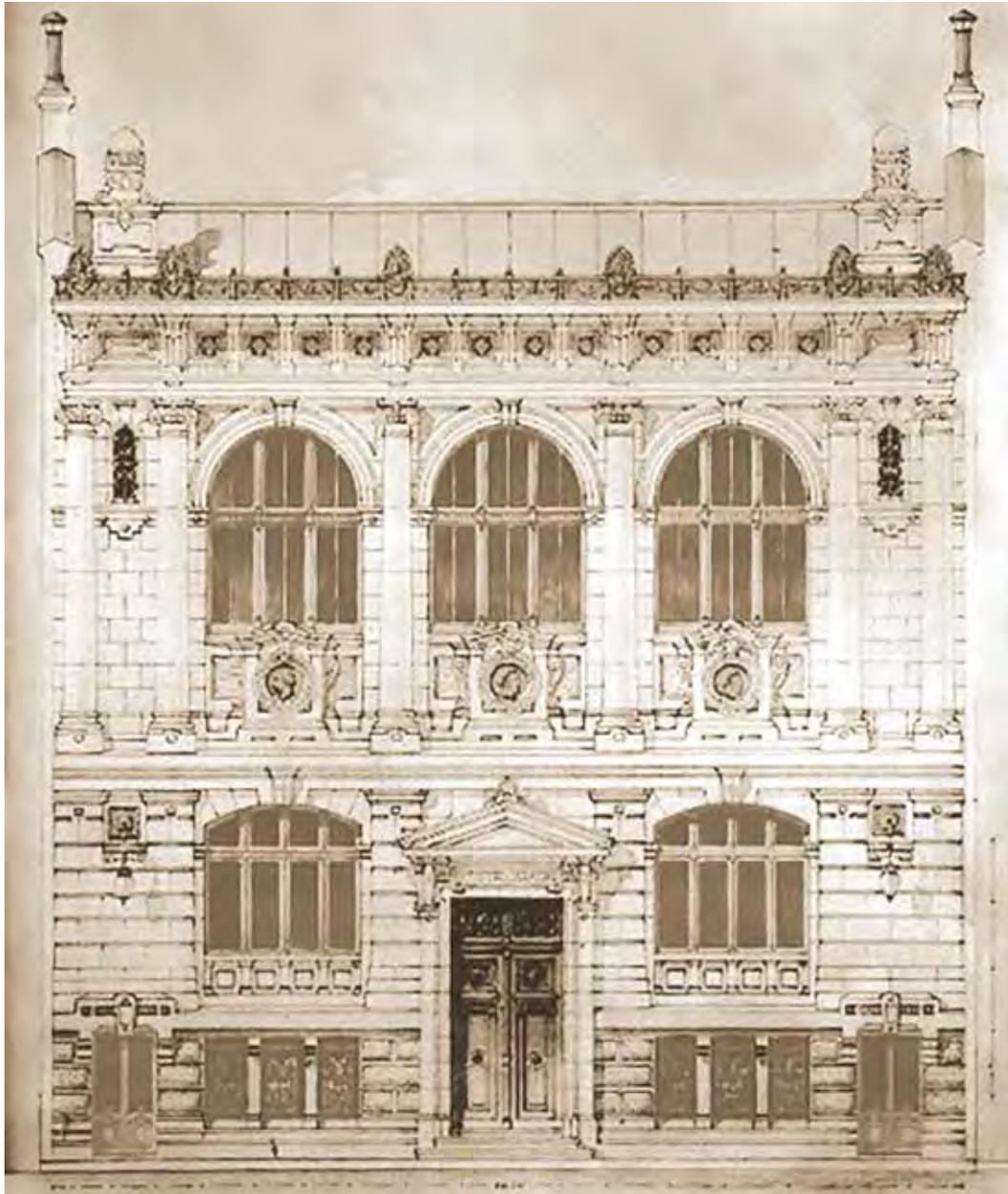
producción siguen elevados. Son muchas las especialidades y desafíos que deberían despertar en nosotros esa vocación de resolver problemas complejos.

El objetivo primero de este respetable Instituto es “promover la excelencia de la ingeniería y contribuir al desarrollo del país”. Los invito a todos, premiados, autoridades y asistentes a esta ceremonia, a que no demos por sentado la realidad que se nos presenta, sino a que nos animemos a imaginar e ingeniar para mejorarla cada día y así contribuir a desarrollar Chile.

Muchas gracias nuevamente al Instituto de Ingenieros, por potenciarnos a nosotros a seguir imaginando el Chile de mañana.

**Fin de la Ceremonia.**

# ENTREVISTA A INGENIEROS DESTACADOS



Como una necesidad de preservar la historia de ingenieros destacados y de la Ingeniería, la Comisión de Ingenieros en la Historia Presente, dio inicio a una serie de entrevistas, con el objeto señalado.

En esta ocasión se presenta un extracto de las entrevistas realizadas a los Ingenieros Fernando Agüero Garcés y Sergio Lavanchy Merino.

Estas entrevistas, como las que se hagan en el futuro, serán objeto de una publicación especial.

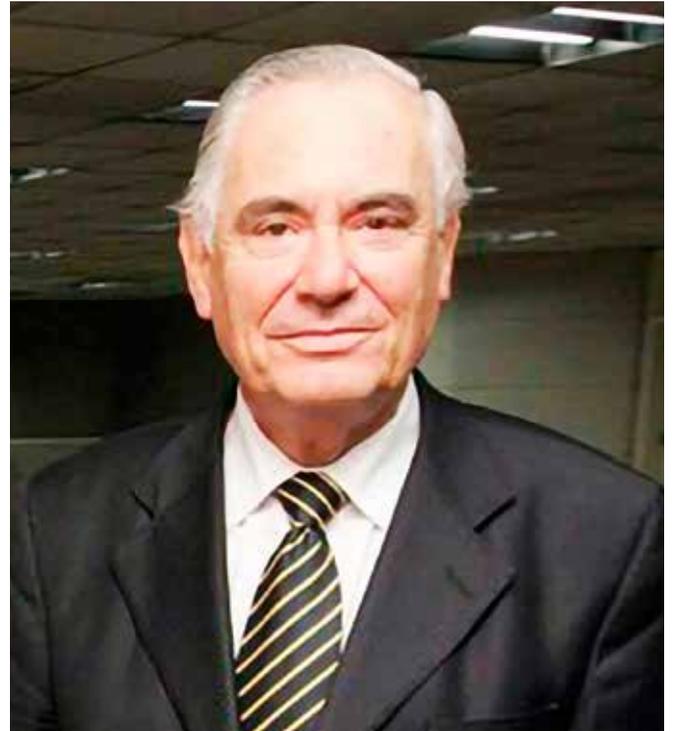
## FERNANDO AGÜERO GARCÉS

*Dejó su huella en las empresas e instituciones en que participó*

Desde que tiene memoria siempre pensó estudiar Ingeniería. Influyó que las matemáticas y la geometría fueron las materias que le resultaban más fáciles en el colegio, y también por la admiración por un amigo de sus padres, el Ingeniero Civil Eugenio Browne Verluys, socio fundador de Constructora Vecoval S.A., una bellísima persona nos dice. También le gustaba arreglar cosas en la casa, desde relojes hasta refrigeradores y, a veces, pensaba como sería construir un puente de ferrocarril, impresionado por los que veía en sus viajes fuera de Santiago. También le interesaba lo social y muchos años fue presidente de su curso en el colegio. Al terminar la educación media viajó por un año a Estados Unidos para vivir en la casa de una familia en Saint Louis, Missoure, donde estudió el primer año de College. Allí confirmó su vocación, especialmente por los cursos de Física que tomó, con prácticas en unos laboratorios que recuerda eran espectaculares.

Al regresar a Chile rindió los exámenes de bachillerato y postuló sin dudarle a la Escuela de Ingeniería de la Universidad Católica, siendo aceptado sin problemas. Los estudios del primer año le resultaron más o menos fáciles gracias a que algunas materias las había visto en Estados Unidos, lo que le permitió destinar muchas horas a participar en un grupo de teatro de aficionados. En los años siguientes se dedicó mucho a la política universitaria, terminando de candidato a la vicepresidencia de la FEUC, elección que perdió. Al mismo tiempo se entusiasmó con el bridge e incluso realizó por algunos meses un programa de televisión llamado Machitún en el naciente Canal 13, donde relataba actividades de los estudiantes de la universidad una hora cada semana. Adicionalmente, a partir del tercer año trabajó media jornada en una oficina de ingeniería haciendo levantamientos topográficos y proyectos de subdivisión de predios agrícolas. Paralelamente sostuvo un largo “pololeo” desde fines del primer año, con quien ha sido su esposa a partir del sexto año de la carrera: la periodista María Elena Aguirre Valdivieso. Desde entonces han compartido 57 años de un feliz matrimonio con 31 nietos y 3 bisnietos la fecha.

Junto con egresar de la Escuela de Ingeniería se unió a una empresa encargada de la construcción de la Planta de Agua Potable La Mochita, en Concepción. Fue su primer encuentro



con la ingeniería dura y le hizo ver la diversidad de posibilidades que presentaba la profesión. Simultáneamente realizó su proyecto de memoria de título, dirigido por el notable profesor Francisco Javier Domínguez, a quien recuerda con gran aprecio. Luego de recibir el título de Ingenieros Civil con mención en Hidráulica, su carrera sufrió un giro inesperado al ingresar al departamento de estudios de la Sociedad de Fomento Fabril, con el encargo de calcular mensualmente los Índices de Producción Industrial. Ahí se inició un largo proceso de cuarenta y siete años que lo relacionó estrechamente con la industria manufacturera y el mundo gremial. A poco andar fue designado Gerente General de la Institución, cargo al que renunció luego de algunos años para asumir como asesor del Directorio en la empresa metalmecánica Sindelén S.A. y en la empresa constructora Gama S.A. en ambas colaborando con los ingenieros Pierre Lehman y Helios Piquer. Paralelamente fue elegido consejero de la Sociedad de Fomento Fabril, posteriormente vicepresidente y luego presidente de la misma por cinco años, los que fueron especialmente interesantes nos comenta, por corresponder al período de tránsito de un gobierno militar a un régimen de plena democracia. Durante todos esos años desarrolló una actividad empresarial propia, como socio y gerente general de la imprenta Impresora Printer S.A.

Durante su presidencia en la Sociedad de Fomento Fabril propuso y lideró la construcción del “Edificio de la Industria”, para que albergara las dependencias de la Institución en una sede moderna y bien equipada. Le correspondió liderar el proyecto, junto a un reducido número de empresarios, hasta su inauguración. El proyecto resultó todo un éxito y se pudo ejecutar sin demandar de los socios ni de SOFOFA ningún aporte especial.

En ese período se preguntó muchas veces cómo había transitado, sin problemas, desde una vocación centrada en la construcción, los fierros y el hormigón, a una actividad esencialmente empresarial y gremial, focalizada en la dirección de empresas y la promoción de políticas públicas. Su respuesta es que esto fue gracias a la formación de Ingeniero Civil, ya sea por el contenido de la carrera, especialmente por la ordenación mental que genera y la rigurosidad, lo que habilita para desempeñarse en una muy vasta y diversa cantidad de actividades. De esta forma le permitió alcanzar rápidamente cargos directivos y de alta responsabilidad. Señala que esto va forjando a los futuros Ingenieros Civiles como potenciales líderes sociales con capacidad para desempeñarse exitosamente en cualquier campo.

Y así fue como, sin proponérselo, luego de la Presidencia de Fomento Fabril fue invitado a integrarse como director independiente en diversas sociedades anónimas abiertas, de los rubros más diversos, aportando en cada una de ellas su experiencia. En algunos casos ha sido designado presidente por los propietarios o controladores de esas empresas, como reconocimiento

a su independencia y la rigurosidad de análisis adquiridas en los estudios de ingeniería. También ha participado, en la formación y presidido varias Fundaciones dedicadas a promover el trabajo bien hecho, el bienestar de los trabajadores y la educación de la juventud, materias por las que desde muy joven ha mostrado interés.

Finalmente, fue invitado por colegas de profesión a ser presidente del Colegio de Ingenieros de Chile, cargo que ejerció durante cinco años, lo que le permitió relacionarse con miles de ingenieros de distintas especialidades de todas las regiones del país y formados en diferentes universidades. Ahí le tocó impulsar y liderar la construcción del Edificio del Colegio de Ingeniero, que hoy se levanta imponente en la avenida Santa María en Santiago. Al aprobarse el proyecto en el Consejo General del Colegio, luego de más de un año de deliberaciones, se condicionó la autorización a que nunca debería el Colegio tener que aportar dinero para su ejecución. Al término de una cesión de trabajo, se le acercó una colega integrante del Consejo y le manifestó: “Ojalá, ojalá, tus números resulten”. Y resultaron muy bien, con la cooperación de un selecto grupo de colegas ingenieros, nos dice, pues en la vida ha aprendido que para el éxito de estos proyectos grandes es imperativo contar con un equipo de trabajo afiatado y con diversas especialidades.

El año 2015 le otorgaron el Premio por “Al Ingeniero por Acciones Distinguidas” del Instituto de Ingenieros de Chile. Este año 2024, recibió del Colegio de Ingenieros de Chile el “Premio Trayectoria Gremial”. Hoy Fernando da gracias a Dios de ser Ingeniero Civil. Ello le ha permitido tener una vida muy diversa e interesante, al mismo tiempo que ordenada, dentro de la diversidad de puertas que la carrera le ha abierto.

Le gustaría ser recordado como un ingeniero agradecido de Dios, que dedicó la mayor parte de su vida al servicio desinteresado hacia los demás desde la actividad gremial, y que fiel a su ADN de constructor, aportó con su trabajo a hacer realidad en dos de esas instituciones, de nuevas sedes que son un orgullo hoy para la ciudad. También como un esposo y padre de familia que trató siempre de darle mucho amor a sus personas más queridas.



## SERGIO LAVANCHY MERINO

*Notable ingeniero, académico y rector universitario*

Su relación con la educación tecnológica comenzó a temprana edad, debido a que sus estudios de segundo grado los realizó en la modalidad de enseñanza técnico profesional, que era impartida en aquellos años por la Universidad Técnica del Estado, en su caso en la Sede de Concepción. El primer ciclo correspondía al llamado Grado Oficios, después del cual se rendía el bachillerato, requisito necesario para ingresar al Grado Técnico Universitario, para finalmente cursar los tres últimos años de la carrera en la Escuela de Ingenieros Industriales. Culminó así sus estudios universitarios el año 1967, recibiendo el título de Ingeniero Industrial, especialidad en Mecánica, el cual sería posteriormente homologado a Ingeniería Civil Mecánica. Como inspiración para elegir la carrera, influyó en gran medida el hecho de que su hermano mayor Gregorio estudiaba Ingeniería Civil Mecánica en la Universidad de Concepción. En el ciclo de Ciencias Básicas le gustaban Cálculo, Álgebra, Física y Química. En Ingeniería sus preferencias estaban en Resistencia de Materiales, Mecánica de Fluidos, Mecánica de Sólidos y Termodinámica.

Como estudiante, una de las experiencias más interesantes y motivadoras fue la de haber creado, junto a otros compañeros, un Centro de Cohetería, el que tenía como objetivo estudiar los elementos básicos de esta ciencia y abordar el diseño, fabricación y lanzamiento de cohetes sencillos. Este trabajo los lleva después de varios experimentos y lanzamientos menores a diseñar y construir un cohete de dos etapas, el que fue lanzado el año 1964, en los Campos de Escuadrón, ubicado entre Concepción y Coronel, alcanzando una altura de 20.000 metros. Para ello tuvo el apoyo de la propia Universidad Técnica del Estado en Concepción, de algunas empresas que donaron materiales, del ejército y de las autoridades locales.

En su formación académica nos dice, influyeron los buenos profesores, tanto en la formación de pregrado como en los estudios de postgrado, estos últimos en la Universidad de Toronto, Canadá, donde obtuvo el año 1972 el grado de Master of Applied Science.

Se inicia como académico del Departamento de Ingeniería Mecánica de la Universidad Técnica del Estado el año 1968; posteriormente ingresó a la Universidad de Concepción el año 1974, impartiendo asignaturas propias de la carrera,



como Resistencia de Materiales, Mecánica de Sólidos, Teoría de Elasticidad y Plasticidad, Procesos de Conformado de Metales y Diseño de Estructuras Industriales. Además, ejerció el cargo de Jefe del Laboratorio de Resistencia de Materiales.

En el campo de la Administración Universitaria en Educación Superior, destaca las responsabilidades que le correspondieron asumir en los cargos de Director de Departamento, Decano de Facultad y Rector de la Universidad de Concepción. También ejerció el cargo de presidente del Consejo de Rectores de la Universidades Chilenas (CRUCH) durante cuatro años y la presidencia del Grupo de Universidades Públicas no Estatales (G9).

Así mismo participó y desarrolló estudios y proyectos de ingeniería en el campo de su especialidad. Por ejemplo, le correspondió desempeñarse como jefe de Proyecto para Refinería de Petróleo PETROX ubicada en Talcahuano, donde realizó un estudio que contemplara el recálculo estructural de todas sus torres de procesamiento y de los grandes estanques de almacenamiento de combustible. Debía verificar si estas instalaciones cumplían con las normas de la American Petroleum Institute, que había incorporado mayores exigencias para los cálculos de resistencia sísmica

de este tipo de estructuras. Se concluyó que la planta cumplía las exigencias de las normas y la prueba de fuego llegaría 23 años después con el terremoto del 27 de febrero de 2010, cuando todas las estructuras resistieron sin producirse colapso en ninguna de ellas.

Otro ejemplo fue un estudio también solicitado por PETROX a la Facultad el año 1993, que consistió en realizar el análisis de falla y determinar las causas del daño de la línea N°2 del Terminal B, que la refinería tenía en la Bahía de San Vicente en Talcahuano, a través de la cual se realizaba la descarga de crudo desde los buques tanque al terminal en tierra. En la madrugada del sábado 6 de marzo de 1993, se produce un incendio en la superficie del mar, que se propagó rápidamente en gran parte de la bahía, produciéndose uno de los siniestros más destructivos y devastadores en puertos chilenos. Hubo un trabajador fallecido y daños por pérdidas valoradas 80 millones de dólares, unido al enorme daño ambiental ocasionado. Esto obligó al inicio de una investigación que permitiera establecer las causas y responsabilidades del desastre. La investigación liderada por Sergio permitió establecer que, en la noche previa al desastre, la línea de descarga había tenido la fuga de una enorme cantidad de crudo, la que cubrió gran parte de la superficie de la bahía. Se concluyó que el daño había sido provocado por un agente externo, probablemente el arrastre del ancla de una embarcación, lo cual fue corroborado cuando los equipos de buceo encontraron en el fondo del mar un ancla perdida, la cual había sido el elemento causante del desastre, siendo también identificada la embarcación responsable.

De los 50 años de su vida profesional, 20 de ellos fueron dedicados a ejercer el cargo de Rector de la Universidad de Concepción, lo que sin lugar a dudas ha sido el mayor desafío que le correspondió enfrentar en su vida profesional. Por su brillante carrera profesional, el año 2023 obtuvo el “Premio Medalla de Oro” otorgado por el Instituto de Ingenieros de Chile.

Sobre el tema de los valores, nos dice que durante toda su vida personal y profesional ha tratado de hacer propios los

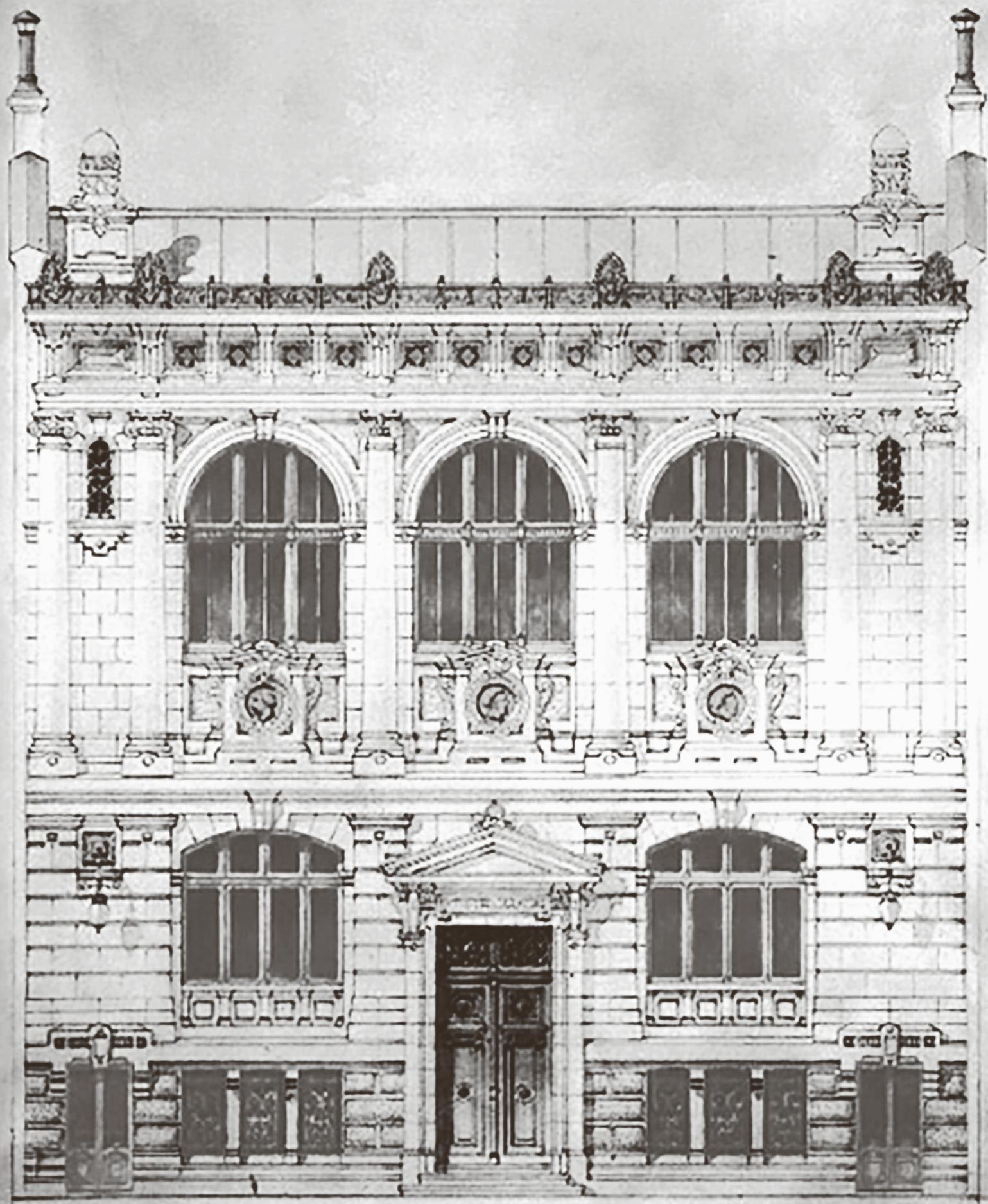
valores reconocidos y declarados universalmente, que llevan idealmente al ser humano a ser mejor persona situándolo en un plano moral e intelectual superior. Sostiene que su experiencia le demuestra que lo difícil es transformar estos valores en virtudes, es decir, practicarlas en la vida cotidiana. Nos dice que los profesores, de cualquier nivel educativo, tienen la oportunidad de inculcar valores a las nuevas generaciones no sólo con la palabra, sino que principalmente con el ejemplo.

Considera que la ingeniería, ya sea a nivel global o local, ha ido avanzando de acuerdo con los nuevos desafíos que se le han ido presentando a la humanidad, y junto a los avances científicos y tecnológicos ha desarrollado soluciones prácticas y viables para los diferentes problemas, que permiten mejorar las condiciones de vida de las personas.

Sergio opina que los desafíos de la ingeniería de hoy consisten en abordar diferentes áreas temáticas, como por ejemplo la generación eficiente de energías no convencionales, la energía solar y eólica y su almacenamiento, la optimización de los recursos hídricos especialmente en la minería y agricultura, la robótica y su aplicación en procesos industriales y en la medicina, y últimamente la inteligencia artificial. Cree que, en el caso de nuestro país, la ingeniería chilena y sus profesionales han realizado aportes significativos a su desarrollo y modernización, y que esto ha sido así desde los inicios con las especialidades más antiguas y tradicionales. Con el tiempo, ante nuevos requerimientos y nuevas tecnologías, se han creado carreras como Ingeniería Metalúrgica, Industrial, Informática o Electrónica y algunas otras, y los últimos años carreras de nueva generación como Ingeniería de Materiales, Telecomunicaciones o Biomédica.

A las nuevas generaciones de ingenieros, nos dice, es importante transmitirles que con la formación que han recibido tienen las herramientas y oportunidad de emplear todas sus capacidades para realizar aportes relevantes al progreso y desarrollo de nuestro país, como así mismo, con trabajo, esfuerzo y honestidad intelectual y profesional, construir su propio futuro y desarrollo personal.





# RECONOCIMIENTO A NUESTROS SOCIOS



*El Instituto de Ingenieros de Chile, más de un siglo de constante presencia en el progreso de la Ingeniería chilena y en el análisis y debate de diferentes problemas públicos, en que los ingenieros chilenos colaboran desde su perspectiva en sus posibles soluciones. Esta colaboración se materializa en el seno de las Comisiones de Estudio y de las Sociedades Académicas miembros, en charlas y conferencias periódicas o en los foros y seminarios que se convocan para discutir desde distintos ángulos algún asunto de relevancia nacional. Los frutos de esta actividad se difunden por medio de sus publicaciones periódicas, como son la Revista Chilena de Ingeniería y los Anales del Instituto de Ingenieros, y en libros e informes que dan cuenta de la labor efectuada por los miembros del Instituto y otros participantes en las actividades señaladas.*

*Para sustentar este quehacer, el Instituto mantiene una sede social y una infraestructura que le proporciona el apoyo técnico-administrativo y de servicios, lo que es financiado por sus miembros, ya sea mediante las cuotas sociales o aportes extraordinarios. El trabajo realizado durante estos largos años ha sido posible gracias al compromiso de sus asociados y a la contribución económica de sus socios activos y cooperadores. Por este motivo, se ha estimado necesario dejar constancia de quienes, en el período anterior, realizaron aportes pecuniarios, permitiendo así que el Instituto mantenga el respaldo necesario para el cumplimiento de sus objetivos.*

*A nuestros socios este especial reconocimiento.*

Patricio Aceituno Gutiérrez  
Hugo Acuña Sfrasani  
Alejandra Acuña Villalobos  
Renato Agurto Colima  
Antonio Alarcón Baeza  
Luis Alarcón Cárdenas  
Hernán Alcayaga Saldías  
José A. Aldunate Rivera  
Raquel Alfaro Fernandois  
Iván Álvarez Valdés  
Jorge Andaur Rodríguez  
Carlos Andreani Luco  
Rudolf Araneda Kauert  
Andrea Armijo Zarricueta  
Jaime Arredondo Castillo  
Elías Arze Cyr  
Katherine Ascencio Letelier  
Mauricio Avendaño Guerra  
Dante Bacigalupo Marió

Marcial Baeza Setz  
Daniel Barría Iroumé  
Cristián Barrientos Gutiérrez  
Juan Carlos Barros Monge  
Raúl Becerra Valladares  
Bruno Behn Theune  
Carlos Benavides Farías  
Sally Bendersky Schachner  
Sebastián Bernstein Letelier  
Sergio Bitar Chacra  
Patricio Bonelli Canales  
Guillermo Bolbarán Aguilera  
Jorge Bravo Espinosa  
Mateo Budinich Diez  
Juan Enrique Cannobbio Salas  
Carlos Canto Ilabaca  
Manuel Carracedo Contador  
J. Manuel Casanueva Préndez  
Juan E. Castro Cannobbio

José Ceroni Díaz  
Fiapo Chacón Luna  
Luciano Claude Yávar  
Silvana Cominetti Cotti-Cometti  
Gastón Concha Fariña  
Ronald Contreras Córdova  
Fernando Crespo Romero  
Pablo Daud Miranda  
Cristian Dawson García  
Juan P. de la Carrera Paulsen  
Fernando de Mayo Israel  
Raúl Demangel Castro  
José Domínguez Lira  
Isaac Díaz Aburto  
Esteban Domic Mihovilovic  
Fernando Echeverría Acuña  
Gustavo Estay Caballero  
Javier Etcheberry Celhay  
Hans Feddersen Jungjohann

Rodrigo Fernández Aguilera	Marcos Lima Aravena	Juan Rayo Prieto
Sebastián Fingerhuth Massmann	Julio Lira Ramírez	Rodrigo Reyes Schiappacasse
Álvaro Fischer Abeliuk	Alejandro López Alvarado	Oswaldo Richards Abans
Guillermo Flores Gálmez	Luis Madrid Morales	Lucio Ricke Gebauer
Martín Fuenzalida Domínguez	Nicolás Majluf Sapag	Christopher Riquelme Berríos
Roberto Fuenzalida González	Raúl Manásevich Tolosa	Miguel Ropert Dokmanovic
Javier García Monge	Jorge Mardones Acevedo	Eduardo Rubio Álvarez
Enrique Garrido Navarro	Carlos Medel Vera	Guillermo Ruiz Troncoso
Ziomara Gerdtzen Hakim	Fernando Mendoza Pons	Felipe Sabando del Castillo
Alex Gildemeister Burgos	Carlos Mercado Herreros	Marta Salazar Becerra
Arturo Goldsack Jarpa	Viviana Meruane Naranjo	Hernán Salazar Zencovich
Rodrigo Gómez Álvarez	Germán Millán Pérez	Armando Sánchez Araya
Myriam Gómez Inostroza	Germán Millán Valdés	Jaime Sánchez Haverbeck
Ricardo González Cortés	Ricardo Mohr Rioseco	Gustavo Sandoval Sepúlveda
Héctor González Garrido	José Moya Cancino	Mario Santander García
Guillermo González Rees	Luis Moyano Ojeda	Eduardo Santos Muñoz
Sergio González Venti	Marcela Munizaga Muñoz	Rodolfo Saragoni Huerta
Mauro Grossi Pasche	Eduardo Muñoz Castro	Cristóbal Sarmiento Laurel
Tomás Guendelman Bedrack	Juan Music Tomicic	Mauricio Sarrazin Arellano
Mario Guendelman Bedrak	Ricardo Nanjarí Román	Paulo Sepúlveda Amestoy
Hernán Guerrero Guerrero	Luis Nario Matus	Jaime Solari Saavedra
Sergio Gutiérrez Cid	Ricardo Nicolau del Roure G.	Alejandro Steiner Tichauer
José Antonio Guzmán Matta	Christian Nicolai Orellana	Jorge Sturms Forestier
Cristian Hermansen Rebolledo	Lionel Olavarría Leyton	Aldo Tamburrino Tavantzis
Diego Hernández Cabrera	José Orlandini Robert	Carla Tapia Guerrero
Erwin Hoehmann Frerk	Sergio Palma Moya	Raúl Tejeda Sanhueza
Jaime Illanes Piedrabuena	Carlos Pastén Abarca	Pedro Toledo Correa
Pedro Inojosa Bañados	Verónica Patiño Sánchez	Alberto Trigueros Baratta
Álvaro Izquierdo Wachholtz	Mario Pavón Robinson	Raúl Uribe Sawada
Sergio Jiménez Moraga	Jorge Pedrals Guerrero	Mario Urrutia Yáñez
Jerko Juretić Díaz	Humberto Peña Torrealba	Perla Valdés Calquín
Carlos Kubik Castro	Rodrigo Pérez Tobar	Luis Valenzuela Palomo
Mario Kuflik Derman	Víctor Pérez Vera	Cristián Vargas Araya
Karen Landeros Vera	Luis Pinilla Bañados	Ximena Vargas Mesa
Alfonso Larraín Vial	Ernesto Piwonka Carrasco	Scarlett Vásquez Paulus
Alfonso Lavanchy Needham	Mariano Pola Matte	Daniel Vásquez Orellana
Juan Carlos Latorre Carmona	Alejandro Polanco Carrasco	Gladys Vidal Sáez
Jaime Lea-Plaza Edwards	Olvido Polanco González	Andrés Weintraub Pohorille
Agustín León Tapia	Daniela Pollak Aguiló	Francisco Wittwer Opiz
José M. Leonvendagar Hurtado	Eric Prenzel Leupolt	Jorge Yutronic Fernández
Mario Letelier Sotomayor	Francisco Rayo Calderón	Luis Zaviezo Schwartzman



ISSN 0716 - 2340



**ANALES  
DEL INSTITUTO  
DE INGENIEROS DE CHILE**

**Vol. 136, N° 3 - DICIEMBRE 2024**

*“Uno de los pensamientos que más ha preocupado al Instituto de Ingenieros, desde su fundación, ha sido la creación de un organo que lo ponga en relación con la sociedad, a cuyos intereses trata de servir, i cada día que pasa nos hace ver más i más la necesidad que la corporación tiene de consignar en un periódico las ideas que surjan i que se elaboren en su seno, referentes a los multiplicados i variadísimos ramos de la ingeniería.*

*En esta virtud, no porque nuestro periódico sea especialmente el órgano del Instituto, dejará de serlo también del país en general, i léjos de esto, creemos obrar en consonancia con nuestro propósito, ofreciendo sus columnas a las personas ilustradas i de buena voluntad que nos honren con el precioso continjente de ideas útiles”.*

(Anales del Instituto de Ingenieros. Tomo 1, Año 1, 1888).

## **Anales del Instituto de Ingenieros Vol. 136, N° 3, diciembre de 2024**

### **Contenido**

#### **ANÁLISIS DE ALGUNOS MÉTODOS DE EVALUACIÓN DE LICUACIÓN Y RECONSIDERACIÓN DE OTROS MÉTODOS.**

Pág. 57

Sergio A. Irrarrázaval Z.

#### **LA IGLESIA DE SAN FRANCISCO, LA PIEDRA ROSETTA PARA LA ESTIMACIÓN DEL TERREMOTO MAXIMO CREIBLE DE SANTIAGO.**

Pág. 63

Rodolfo Saragoni H.

#### **EDITOR**

**Raúl Uribe Sawada**, Instituto de Ingenieros de Chile.

#### **COMITÉ EDITORIAL**

**Jorge Carvallo W.**, Asociación Chilena de Sismología e Ingeniería Antisísmica (ACHISINA)

**Alexander Chechilnitzky Z.**, Asociación Interamericana de Ingeniería (AIDIS)

**Jorge Gironás L.**, Sociedad Chilena de Ingeniería Hidráulica (SOCHID)

**Pablo Oróstegui T.**, Sociedad Chilena de Geotecnia (SOCHIGE)

**Camila Balbontín T.**, Sociedad Chilena de Ingeniería de Transporte (SOCHITRAN)

**Raúl Benavente G.**, Sociedad Chilena de Educación en Ingeniería (SOCHEDI)

Los Anales del Instituto estarán dedicados a la presentación de trabajos técnicos en el área de la Ingeniería y ramas afines, para lo cual acepta colaboraciones tanto del país como del extranjero.

Se publicarán aquellos artículos que, a juicio del Comité Editorial, contribuyan al desarrollo o difusión del conocimiento, de técnicas y métodos o de aplicaciones de importancia en la Ingeniería. Artículos de índole expositiva que unifiquen resultados dispersos o que den una visión integrada de un problema o de una puesta al día de una técnica o área, serán bienvenidos. Del mismo modo, ensayos sobre temas de interés para la profesión como perspectivas educacionales, históricas o similares.

# ANÁLISIS DE ALGUNOS MÉTODOS DE EVALUACIÓN DE LICUACIÓN Y RECONSIDERACIÓN DE OTROS MÉTODOS

Sergio A. Irarrázaval Z.<sup>1</sup>

## RESUMEN

*Debido a dificultades con métodos de ensayo in-situ, para evaluación de licuación, como el SPT, y con métodos de muestreo inalterado, se hace necesario considerar alternativas, para el mismo propósito. Respecto al muy conocido “Método Simplificado basado en el SPT”, se constata una inadecuación en la predicción de desempeño, entre 25% y 42 %, que es la magnitud de las predicciones erróneas. En este artículo se proponen nuevos métodos para evaluar licuación unificando diferentes experiencias. Brevemente, estos se componen de: 1) Arenas limpias con  $DR\% > 75\%$  no licuarán, 2) Otras arenas y suelos intermedios, sin cohesión, se recomienda la aplicación de mecánica de suelos de estado crítico, 3) Suelos de grano fino con cohesión pueden licuar si se cumple el criterio de licuación basado en ensayos triaxiales cíclicos, y triaxiales monotónicos, según la norma (standard) ASTM D5311/D5311M – 13.*

---

<sup>1</sup> Geotechnical Consultant , Chile, [sirrazavalz@gmail.com](mailto:sirrazavalz@gmail.com)

# 1 INTRODUCCIÓN

## 1.1 Algunos métodos en discusión

Entre los métodos actuales, “Método Simplificado para evaluación de licuación”, basado en el SPT, y aplicado a arenas limpias además de arenas con distinto contenido de finos, se presenta en un artículo Youd et al. (2001), y otros procedimientos derivados desde ese

artículo que no cambian la Base de Datos significativamente. Brevemente,  $(N_1)_{60}$  es estimado in-situ, solo con energía promedio y luego ese único valor es introducido en el grafico del método, para deducir la posibilidad o no de licuación. No está demás mencionar que el grafico basado en una Base de Datos errónea, como se demostrará más adelante, no puede lograr siempre un valor certero de CRR (Razón de Resistencia Cíclica), ver Fig. 1.

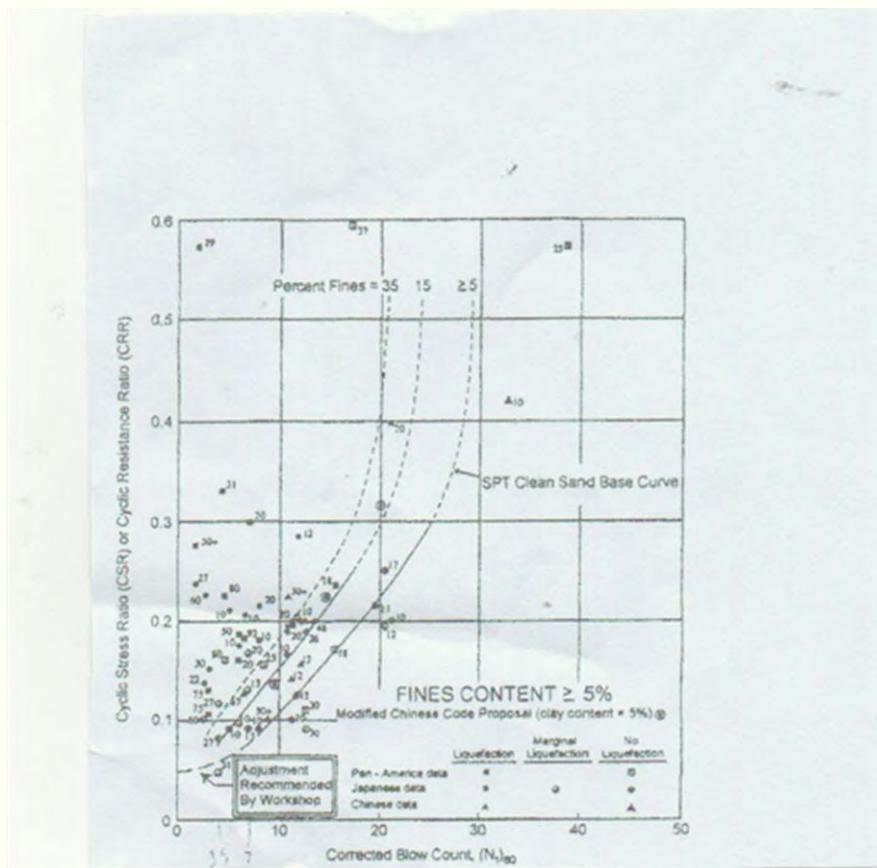


Figura 1. (Seed et al. 1985)

Por otra parte, otros métodos derivados como Seed H.B. et al. (1985), Cetin K.O. et al (2004), Idriss y Boulanger (2010), Idriss y Boulanger (2014), todos deducidos de Youd et al. (2001) incluyen métodos graficos con muy pocos cambios respecto a Youd et al. (2001). Las Base de datos de esos métodos son prácticamente la misma que la de Youd et al. (2001). En Irarrázaval (2021) se describe por qué la Base de datos es errónea, luego, no entregando la verdadera

información sobre la posibilidad del suelo de licuar o no. Esa base de datos usa valores promedio y no los de cada estrato. En algunos suelos intermedios como SM, SW-SM, SP-SM, sin cohesión, es mal recomendada la aplicación del Método Simplificado, basada en la misma razón anterior. Respecto a licuación de suelos de grano fino, la metodología adecuada y validada, es una combinación sucesiva de Triaxial Monotónico y Triaxial Cíclico.

## 1.2 Descripción de problemas de algunos métodos

El “Método Simplificado de evaluación de licuación basado en el SPT” no puede usarse siempre con éxito, puesto que, se ha difundido que el parámetro  $(N_1)_{60}$ , medido in-situ, es un registro erróneo, porque la energía considerada en la estandarización de N-SPT, es un valor promedio, de los N-SPT del sondaje, y no el valor real para avanzar los últimos 30 cms. de la penetración total en cada estrato de la cuchara muestreadora. En resumen, debe haber tantas mediciones de energía como estratos de arena existan. De hecho, si la energía medida in-situ es la verdadera, en un estrato, lo que implica una estandarización real del N-SPT, ese  $(N_1)_{60}$  será igualado a un valor nominal en el eje horizontal del gráfico del método, siendo este valor inaceptable, porque la Base de Datos del método es errónea, según Irrarázaval (2021). Entonces este método no se

recomienda. Más aún, la predicción con este procedimiento, de licuación o no licuación, puede ser buena o no, pero no se sabe anticipadamente, y, si acierta es casualidad. El procedimiento simplificado hace coincidir predicciones con errores, algunas veces entre 25 % a 42 % de todas las predicciones.

Sin embargo, el CPTU, otro método de ensayo in-situ permite, con una confiabilidad superior a 85 %, predecir el CRR (Razón de Resistencia Cíclica) del suelo en análisis. Esto de acuerdo a otro gráfico del artículo de Youd et al. (2001), siempre que se cumplan las condiciones respecto de  $d_{50}$  (diámetro de la arena limpia bajo el cual está el 50 % del peso de ella, según granulometría).

## 2 RECONSIDERACIÓN DE OTROS MÉTODOS

Lo mencionado previamente, establece cierta práctica relacionada con evaluación de licuación de suelos. Se destaca los problemas de tales evaluaciones de licuación. Puede ser una tarea de la comunidad geotécnica, buscar métodos nuevos y mejores

relacionados con evaluación de licuación. En consecuencia, en este artículo se propone aplicar metodologías existentes, pero no recurridas frecuentemente.

## 3 OTROS METODOS

Estos tienen como característica principal que no presentan los problemas de algunas metodologías, hoy

en uso en todo el planeta. A continuación, se exponen estos métodos.

### 3.1 ARENAS LIMPIAS

Para arenas limpias, SW y SP, de acuerdo a USCS, primero medir la densidad relativa de esos suelos, y luego comparar con  $DR \% = 75 \%$ ; si el suelo presenta una  $DR \% \geq 75 \%$ , no mostrará licuación. Respecto de la medición de  $DR \%$  del suelo, puede estimarse con una sonda nuclear de profundidad que mide el  $e$  (índice de vacíos del suelo in-situ), o mide  $w$ , humedad del suelo, que se relaciona con  $e$  según la ecuación  $G_w = S_e$ , ( $G =$  peso específico de partículas,  $S =$  % de saturación) y, desde una muestra perturbada medir el  $e$  mínimo y, el  $e$  máximo.

También un suelo como, SM, SW-SM, SP-SM, con  $FC \% \leq 15 \%$ , no cohesivo, y sin IP, lo anterior puede aplicarse, según ASTM D 4253-16 e1 i (actualización: noviembre 21, 2019). Este criterio se basa en análisis estadístico de licuación en una gran Base de Datos, Troncoso (1992).

En los suelos mencionados, se recomienda verificar lo anterior, con el Método del lugar geométrico de estado crítico, es decir CSL (CRITICAL STATE LOCUS). Ver más adelante en 3.2 de este artículo, donde se entregan recomendaciones para aplicar CSL, mecánica de suelos de estado crítico.

### 3.2 SUELOS INTERMEDIOS

Suelos como SM, con  $FC \% > 15 \%$ , y ML y MH, limos arenosos, sin plasticidad y sin cohesión, pueden analizarse usando Mecánica De Suelos de Estado Crítico, puesto que no pueden extraerse muestras inalteradas. Lo anterior se explica en detalle, por Jefferies y Been (2016). Para cada suelo se construye un gráfico incluyendo el CSL, lugar geométrico de estado crítico, el que divide el gráfico de estado (coordenadas  $e$  y  $p'$ ) mediante la ecuación  $e - \log p'$ , entre suelos dilatantes y contractivos, siendo  $e$  el índice de vacíos, y  $p'$  la presión de confinamiento. CSL resulta normalmente en una recta en un sistema de coordenadas semilogarítmicas. Para estimar la ubicación de esa recta y su pendiente, se recurre a definir tres puntos, según la metodología de Viana da F. et al. (2021), generalmente

desde ensayos triaxiales no-drenados, considerando con gran detalle la aplicación de este método. Ver Fig. 2.

Suelos dilatantes experimentan licuación cíclica con cierta cantidad de deformación, Das (1993). Los suelos contractivos sufren movilidad cíclica, lateral spreading y licuación de flujo, con deformación importante.

Por otra parte, los suelos SC, SM, con cohesión, lo que permite extracción de muestra inalterada, pueden analizarse según el Método mencionado para suelos de grano fino, punto 3.3. Desde ese análisis se deduce el grado de degradación de los suelos SC y SM con cohesión.

### 3.3 SUELOS DE GRANO FINO

Incluye suelos, CL, CH, CL-ML, y a veces, ML y MH, cuando presentan cohesión. A las probetas inalteradas, de estos suelos, se les aplica el mismo método

mencionado para suelos intermedios con cohesión que se compone de las siguientes etapas, ver Tabla 1.

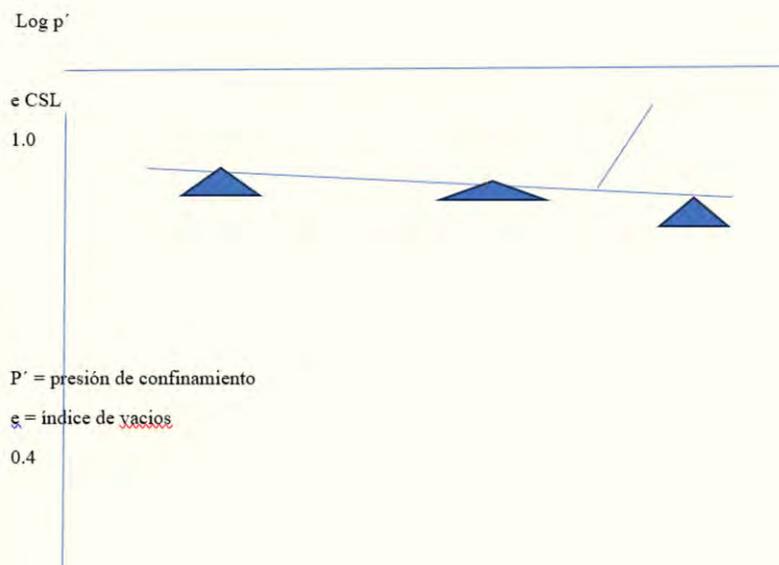


Fig. 2 CSL: lugar geométrico de estado crítico

Tabla 1

Método de evaluación de licuación en suelos de grano fino

---

Etapa 1. Ensayo Triaxial Monotónico (probeta inalterada) hasta rotura => Resistencia 1

Etapa 2. Ensayo Triaxial Cíclico hasta falla, según Norma ASTM D5311/D5311M-13 con otra probeta inalterada.

Etapa 3. Ensayo Triaxial Monotónico sobre la probeta de etapa 2 que fue llevada hasta rotura => Resistencia 3

Etapa 4.  $(\text{Resistencia 3} / \text{Resistencia 1}) = \text{Degradación de la Resistencia del suelo.}$

#### 4 CONCLUSIONES

Análisis de licuación para arenas limpias requiere del uso de la DR % (densidad relativa) y verificación con CSL. Suelos intermedios sin cohesión, y con FC % > 15 %, requieren reconstitución de muestra, según referencia de Viana da F. (2021) para análisis de mecánica de suelos de estado crítico, obteniéndose CSL. Suelos de grano fino, con cohesión requieren muestras inalteradas desde terreno. En este caso se aplica Triaxial Monotónico y Cíclico. El objetivo del artículo, contrastar algunos métodos existentes, con otros menos usados pero mejores, fue alcanzado. Los métodos propuestos han sido validados. Es importante destacar que algunos métodos in-situ, no se pueden usar para evaluar licuación. Entre esos, se menciona al SPT y al DMT, aunque este último está evolucionando,

Arroyo (2024). Además, se reitera que, la base de datos para el SPT, en el Método Simplificado de Seed para evaluar licuación, los  $(N_1)_{60}$  considerados son valores promedio para cada dato usado en esa Base, los cuales se correlacionan con CSR (RAZÓN DE TENSIONES CÍCLICAS) de sismos reales. Es decir, se correlaciona valores reales con otros irreales. Al usar el gráfico con  $(N_1)_{60}$  de terreno, aunque está bien medido, es decir, valor de un estrato en análisis, se lo va a asociar con un valor promedio de ese mismo parámetro en la Base de datos, un valor nominalmente igual, lo cual no tiene sentido.  $(N_1)_{60}$  de terreno, verdadero o falso, se iguala a un valor nominal igual de base de datos, que viene de un valor promedio y por lo tanto irreal de ese parámetro). Ese es el problema, Irarrázaval (2021).

#### 5 REFERENCIAS

(1) Youd et al. (2001), LIQUEFACTION RESISTANCE OF SOILS, SUMMARY REPORT FROM THE 1996 NCEER AND 1998 AND NCEER/NSF WORKSHOPS ON EVALUATION OF LIQUEFACTION RESISTANCE OF SOILS, Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, Vol. 127 No 10, ASCE.

(2) Seed H.B. et al., (1985), Influence of SPT procedures in soil liquefaction resistance evaluations, J. of Geotechnical Engineering, ASCE, vol. 111, No 12, pp. 1425 – 1445.

(3) Cetin K.O. et al., (2004), SPT based Probabilistic and Deterministic Assessment of Seismic Soil Liquefaction Potential, J. of the Geotechnical and

Geoenvironmental Engineering, ASCE, Vol. 130, No 12, pp.1314-1340.

(4) Idriss I.M. y Boulanger R.W., (2010), SPT based liquefaction triggering procedures, University of California, Davis, USA, Report No UCD/ CGM-10/02.

(5) Idriss I. y Boulanger R., (2014), CPT and SPT based liquefaction triggering procedures, University of California, Davis, USA, Report No UCD/ CGM- 11/01.

(6) Irrázaval S. A., (2021), Liquefaction Potential Evaluation SPT based, ISC'6 Conference, Hungary.

(7) Troncoso J. (1992), Fundamentals of antiseismic geotechnical engineering, (In Spanish), Catholic University of Chile.

(8) Jefferies M., Been K., (2016), Soil Liquefaction: A critical State Approach, Second Edition, CRC Press.

(9) Viana da F. A. et al. (2021), Recommended Procedures to Assess Critical State Locus from Triaxial Tests in Cohesionless Remoulded Samples. *Geotechnics* 2021,1, 95-127. [https:// doi.org/ 10.3390 /geotechnics 1010006](https://doi.org/10.3390/geotechnics1010006).

(10) Das B., (1993), Principles of Soil Dynamics, PWS KENT Publishing Company.

(11) ASTM, D5311/D5311M – 13, Standard Test Method for “Load controlled Cyclic Triaxial Strength of Soil”.

(12) Arroyo A. de T. M., 2024, Comunicación personal. TC – 102, ISSMGE.

# LA IGLESIA DE SAN FRANCISCO, LA PIEDRA ROSETTA PARA LA ESTIMACIÓN DEL TERREMOTO MAXIMO CREIBLE DE SANTIAGO

Rodolfo Saragoni H. <sup>1</sup>

## RESUMEN

*La estructura de arcos de piedra de la Iglesia San Francisco de Santiago ha soportado todos los terremotos que han afectado la ciudad desde la fecha de su construcción en 1572, en especial el terremoto de 1647 en que murió un quinto de la población.*

*En la estimación del terremoto máximo creíble que puede ocurrir en Santiago, se ha hecho una interpretación reciente de los documentos contemporáneos del Archivo de Indias, sin embargo, ellos no han incorporado el comportamiento sísmico de la estructura de la Iglesia San Francisco.*

*En este trabajo se analiza el comportamiento sin daño de esta estructura en los terremotos de Chile Central de 1985 ( $M_s = 7.8$ ) y El Maule de 2010 ( $M_w = 8.8$ ), concluyéndose que las estimaciones de intensidad para el terremoto de 1647 parecen exageradas y requieren reevaluación en el futuro, que incorporen estos nuevos antecedentes.*

---

<sup>1</sup> Profesor Titular. Departamento de Ingeniería Civil. Universidad de Chile.

## I. INTRODUCCION.

La estructura original de arcos de piedra de la Iglesia de San Francisco de Santiago ha sobrevivido, desde su construcción en 1572, todos los grandes terremotos que han afectado la ciudad en 1647, 1730, 1822, 1906, 1985 y 2010, constituyéndose por ello en una suerte de piedra Rosetta para descifrar las características del terremoto máximo creíble que afecta a Santiago y la zona central de Chile, tarea ineludible de la ingeniería sísmica nacional.

Uno de los objetivos principales de la ingeniería sísmica es poder estimar el terremoto máximo creíble que pueda ocurrir en un determinado lugar. En general en el caso chileno, estos terremotos son megaterremotos de magnitudes superiores a 8.0, que ocurren espaciados por cientos de años, haciendo que la información disponible sea muy escasa, lo que técnicamente se conoce como limitación epistémica de la disciplina.

Debido a las características de estos megaterremotos, ellos han ocurrido en tiempos históricos o prehispanicos, debiéndose recurrir a la descripción histórica no instrumental o a estudios paleosísmicos para el periodo prehispanico.

En consecuencia, los terremotos chilenos máximo creíbles han ocurrido en general en tiempos históricos, por lo que la sismología histórica (Ambraseys y Melville, 1982), esto es la interpretación rigurosa de la severidad de un terremoto, a partir de la descripción en crónicas o documentos, juega un rol decisivo en la estimación del terremoto máximo creíble.

Un reciente ejemplo fallido de la estimación del terremoto máximo creíble lo constituye el megaterremoto de Tohoku, Japón  $M_w = 9.0$  del 11 de marzo de 2011 que afectó la costa noreste de la Isla Honshu. Este terremoto tuvo un premonitor el día 09 de marzo de  $M_w = 7.2$ , por lo que las autoridades de Japón solicitaron estimar cuál era el terremoto máximo creíble que podría ocurrir en esa zona, este se estimó en  $M_w = 8.0$  con un tsunami moderado, lo que ocurrió fue un megaterremoto subductivo de  $M_w = 9.0$  con un colosal tsunami que destruyó la central nuclear Fukushima-Daichi, produjo 8450 muertos, 12931 desaparecidos y pérdidas por US\$200.000.000.000. La razón del error es consecuencia de una deficiente interpretación de la

sismicidad histórica, que en el caso japonés omitió el terremoto de Jogan  $M_w = 8.4$  que ocurrió el año 1869 con similares consecuencias, con un colosal tsunami que ingresó 5 km en tierra.

Este resultado puso recientemente de manifiesto la gran dependencia de los estudios de amenaza sísmica de la correcta interpretación de los grandes terremotos históricos, por sobre la modelación probabilística o determinística de ellos.

El presente estudio se aboca a la estimación del terremoto máximo que ha afectado a la ciudad de Santiago, considerando para ello la estructura original de piedra de la Iglesia de San Francisco que ha soportado todos los grandes terremotos que han afectado Santiago, desde su edificación en 1572.

Para el estudio se considerará la información acelerográfica obtenida en Santiago para los terremotos de la zona central de 1985 y de El Maule de 2010, contrastada con el comportamiento observado para ambos eventos de la estructura de piedra histórica original de la iglesia.

## 2. EL TERREMOTO DEL DIOS DE MAYO DE 1647.

El terremoto ocurrió el 13 de mayo de 1647 a las 22:30 hora local, tuvo una duración de 3 credos (Real Audiencia, 1648) (en esa época el tiempo se medía en credos), afectó a la ciudad de Santiago, produciendo 670 muertos que fueron enterrados los primeros días, número que se elevó posteriormente a aproximadamente 1000 ciudadanos españoles, sin contar la muerte de indios ni negros sirvientes. Ello representa la pérdida de un quinto de la población estimada en 5000. La destrucción se extendió a toda la ciudad no quedando edificio en pie. La reconstrucción se inició el día 14 de mayo, considerándose este el primer acto nacional de ingeniería, lo que dio motivo a que ese día se haya consagrado recientemente como el día nacional de la ingeniería.

En la carta del obispo Gaspar de Villarroel (1648) se describen explícitamente los daños a la catedral, el Colegio Jesuita, los conventos de Santo Domingo, San Francisco, San Agustín, La Concepción, Santa Clara y La Merced; el hospital e iglesia de San Juan

de Dios, las parroquias de Santa Ana, San Lázaro y San Saturnino. Lo cual, la mayoría colapsó, con la excepción de las estructuras de arcos de piedra de la catedral ubicada en la plaza mayor (actual Plaza de Armas) y la iglesia de San Francisco que sufrió poco, cayéndose la torre sobre su excelente coro y ubicada en la Cañada de San Francisco.

Lamentablemente la estructura de la catedral colapsó posteriormente en el terremoto de 1730, quedando solo la estructura original de arcos de piedra de la iglesia de San Francisco, como testimonio de las estructuras que soportaron el terremoto de 1647.

La iglesia en esa época, tenía una forma en planta como se muestra en la Fig.1.a, la cual fue transformándose hasta llegar a nuestros días en la planta que se muestra en la Fig. 1.b (Vladilo (1977)).

Los muros son de piedra, hasta una altura variable continuándose en ladrillo, los arcos son consagrados en base a bloques de piedra de dimensiones variables (algunos de formas rectangulares) con una distribución típica tal como se muestra en las fotos que se muestran más adelante en el presente trabajo.

Empleando los documentos citados Lomnitz (1971) estimó que este terremoto fue  $M_s = 8.3$  con epicentro en tierra cerca de La Ligua, por el deslizamiento de piedras de la cordillera y en el cerro Santa Lucía. La intensidad de Mercalli la estimó en XI.

Posteriormente Lomnitz (1983) modificó el epicentro como marítimo frente a Valparaíso. En 2004, Lomnitz (2004) estima la magnitud de Richter  $M_s$  en inferior a 8.0 y modifica su origen el que podría haberse originado en la falla San Ramón. Finalmente, Udías y otros (2012) interpretan la información del Archivo de Indias desde un punto de vista sismológico y creen que este terremoto fue similar a otros terremotos subductivos interplaca de la zona central, similar al terremoto de Valparaíso de 1906, especialmente por la mención que se hace en los documentos históricos de una zona de daños de 500 km. Ellos no descartan la posibilidad que pudiese ser subductivo intraplaca, pero no encontraron evidencia en pro o en contra de esta hipótesis en los documentos contemporáneos que analizaron. Le asignan al terremoto una intensidad Mercalli modificada  $IMM = X-XI$ .

Como se puede apreciar existe entre los sismólogos una controversia sobre el origen del terremoto de 1647, es más en el trabajo de Lomnitz (2004) se establece que las intensidades Mercalli modificada estimada por los ingenieros subestiman estas al considerar valores promedio en lugar de sus valores extremos. Este es un comentario cualitativo, no respaldado por un análisis de la metodología que se emplea.

El único trabajo de ingenieros, correspondiente al comportamiento sísmico de los arcos de piedra de la Iglesia San Francisco es el de Vladilo (1977) quien hace un análisis estático de los arcos transvasales de la nave, considerando un modelo de arco triarticulado, y concluye que los arcos fallarían sísmicamente para un coeficiente sísmico de 0,03 g, lo cual no concuerda con lo observado, de acuerdo a las medidas acelerográficas en Santiago de los terremotos de La Ligua de 1965 y Papudo de 1971 que dan aceleraciones de 0,18g a 2.5km del emplazamiento de la Iglesia San Francisco en la Avda. Bernardo O'Higgins, y en suelo de fundación similar.

Como el trabajo de Vladilo es de 1977, no incorpora las medidas acelerográficas de los terremotos de Chile Central y El Maule 2010, así como el comportamiento de los muros en esos eventos, materia que se aborda en el presente trabajo.

### **3. EL TERREMOTO DE CHILE CENTRAL DE 1985.**

El domingo 03 de marzo de 1985 a las 19:47 hora local (22:46:56 GMT) se produjo un terremoto de magnitud Richter 7.8 de duración aproximada de 2 minutos (3 credos), con epicentro en el mar, entre Valparaíso y Algarrobo a 20 km de la costa y a unos 15 km de profundidad.

Por sus características, este terremoto fue el más destructivo que haya afectado la zona, después del terremoto de 1906 y se inserta dentro de los grandes terremotos ocurridos en la zona central desde 1575, con una periodicidad cercana a los 80 años (Compte y otros, 1986). La intensidad MSK fue estimada en 6,5 en las zonas ubicadas en los rípios de Santiago, como es el emplazamiento de la Iglesia San Francisco. (Astroza y otros, 1993).

La aceleración máxima registra en el edificio de Endesa a 3 cuadras del emplazamiento de la Iglesia San Francisco fue solo 0.114g (Saragoni et al., 1986).

Para este terremoto no se observaron daños de importancia en los arcos de piedra de la Iglesia San Francisco, ni en los arcos de su patio. Cayeron algunos especímenes del museo de San Francisco.

Cabe mencionar que para este terremoto se observó deslizamiento de piedras en la cordillera vecina a Santiago y en los cerros de Valparaíso. Ello es consecuencia de que el ángulo de reposo estático de los taludes naturales es mayor al ángulo dinámico sísmico, siendo el deslizamiento de las piedras un ajuste natural cosustancial a los grandes terremotos. En consecuencia, el deslizamiento de piedras observado en este terremoto subductivo intraplaca de epicentro marítimo junto a su duración aproximada de 3 credos, es similar a lo descrito en los documentos de la época, desvirtuando que ello implique necesariamente que el epicentro fue en tierra correspondiente a un terremoto subductivo intraplaca o asociado a un terremoto originado superficialmente asociado a la falla normal San Ramón.

En relación a este último punto, las dataciones paleosísmicas de las trincheras del escarpe de la falla indicarían que el último terremoto generado por ella ocurrió hace unos 2000 años. Sin embargo, se requiere de datos de más trincheras en el futuro para tener un resultado más concluyente (Vargas (2014)).

#### 4. EL TERREMOTO DEL MAULE DE 2010.

El terremoto ocurrió el día sábado 27 de febrero 03:34am hora local (06:34:14 UTC) con epicentro marítimo en 36.29°S y 73.24°W con una profundidad focal de 30.1 km y una magnitud momento  $M_w = 8.8$  de acuerdo al Servicio Sismológico Nacional de Chile (Ruiz y Madariaga, 2012). La intensidad IMSK fue estimada por (Astroza y otros, 2012) en 6.5 para la zona de la iglesia.

Adicionalmente se obtuvo una medida acelerográfica en el cerro Santa Lucía a pocas cuadras del emplazamiento de la Iglesia San Francisco con aceleración máxima  $A_{max} = 0.32$  g y un potencial

destrutivo  $P_{dh} = 3,08$  cms. (Saragoni y Ruiz, 2012). Considerando la fórmula que relaciona el  $P_{dh}$  con la intensidad Mercalli modificada (Saragoni y otros, 1989).

$$IMM = 4,86 + 1.3 \log 10 PDH.$$

Donde el  $P_{dh}$  está medido en  $10^{-4} \text{ gs}^3$ .

Considerando esta fórmula se obtiene una intensidad  $IMM = 6.78$  que concuerda con el valor de 6,5 para el IMSK estimado por Astroza y otros (2012), con la diferencia que se obtuvo de valores instrumentales.

La Iglesia de San Francisco no sufrió daño alguno durante este terremoto, permaneciendo cerrada algunas semanas solo para su limpieza, debido a la caída de dos vidrios del lucernario. La Foto 1 muestra la fachada de la iglesia después del terremoto, se aprecia la fachada original de piedra. La torre no corresponde a la estructura original, fue realizada por el arquitecto Fermín Vivaceta, la torre original se cayó en el terremoto de 1647. En la Foto 2 se muestra el interior de la iglesia, mostrando los muros originales de arcos de piedra. La Foto 3 muestra el muro de arcos de piedra del eje longitudinal 1 de la Fig. 2, los que se aprecian sin daño. La puerta de madera que se ve tras el arco, es la puerta de la iglesia hacia la Avda. Bernardo O'Higgins.

La Foto 4 muestra un parche de yeso colocado en enero de 2010 para controlar el agrietamiento de los muros, como se puede apreciar, el parche pese a su fragilidad no se agrietó, mostrando que las tensiones sísmicas fueron muy bajas durante el terremoto.

En la Foto 5 se muestra el trabajo de albañilería de los muros.

La Foto 6 muestra el descascaramiento del estuco en la clave del arco transversal de la nave lateral como consecuencia del terremoto.

La Foto 7 muestra la estructura del patio de la iglesia sin daño, al lado se ven los escombros producto de la limpieza, los que se muestran en la Foto 8, y se ve que son escasos.

Finalmente, en la Foto 9, se muestra el lucernario desde donde solo cayeron dos vidrios durante el terremoto.

Por contraste, en la Foto 10 se muestra el daño a la torre de la iglesia de la Divina Providencia, para el mismo terremoto.

En la Foto 11 se muestran los daños en la clave del arco de la misma iglesia, reforzada con tensores horizontales de acero.

## 5. CONCLUSIONES

Del análisis del comportamiento de la estructura original de los arcos de piedra de la Iglesia San Francisco, para el terremoto subductivo interplaca  $M_s = 7.8$  con epicentro marítimo de 1985, se concluye que esta estructura no mostró daño, la intensidad Mercalli Modificado fue estimada en 6.5 y la aceleración máxima registrada fue 0.114 g a 3 cuerdas de la iglesia. En consecuencia, considerando que este terremoto intraplaca es de magnitud inferior a 8 y el de Valparaíso 1906 es de magnitud 8.3, al cual se asimila el terremoto de 1647, la estimación de la intensidad dada por autores anteriores parece exagerada. Aparentemente la mala calidad de la construcción habría contribuido al extenso daño.

Del análisis del comportamiento de la estructura de piedra de la iglesia, para el terremoto subductivo interplaca de El Maule  $M_w = 8.8$ , se aprecia que los muros no estuvieron expuestos a tensiones importantes, por el comportamiento parches frágiles de yeso, no obstante que la aceleración máxima registrada fue de 0.33 g a pocas cuerdas del emplazamiento de la iglesia y que la intensidad fue estimada en 6.5.

A la luz de estos nuevos antecedentes, es necesario recalibrar las estimaciones emitidas con respecto al terremoto de 1647, en lo que se refiere a magnitud, intensidad y mecanismo, para tener así una mejor estimación del terremoto máximo creíble que afecta a Santiago.

## 6. REFERENCIAS

Ambraseys, N.N., Melville, C.P. (1982) "History of Persian Earthquakes ". Cambridge University Press, Cambridge U.K.

Astroza M., J. Monge y J. Varela (1993) "Intensidades del sismo del 3 de marzo en la Región Metropolitana y el Litoral Central". Capítulo 5 del libro "Ingeniería Sísmica en Chile. El caso del sismo del 03 de marzo de 1985". Editor R. Flores. Instituto de Ingenieros de Chile, Santiago de Chile.

Astroza M., S. Ruiz, R. Astroza y J. Molina (2012). "Intensidades Sísmicas", Capítulo 5 del libro " $M_w = 8.8$  Terremoto en Chile, 27 de febrero de 2010". Departamento de Ingeniería Civil, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. Universidad de Chile. Santiago, Chile.

Comte D., A. Eisenberg, E. Lorca, M. Pardo, L. Ponce, G.R. Saragoni, S.K. Shingh, G. Suarez (1986) "The 1985 central Chile Earthquake: a repeat of previous great Earthquake in the región?". Science, 233, 449 - 452, 1986.

Lomnitz, C., (1971). "Major Earthquake and tsunamis in Chile during the period 1535 to 1953". Geol. Rudschau., 59, 938 - 960.

Lomnitz, C (1983), "On the Epicenter of the great Santiago Earthquake of 1647", Bull. Seismological Soc. of America, 73, 885 - 886.

Lomnitz, C. (2004), "Major Earthquake of Chile: A Historical Survey. 1535 - 1960 ". Seismological Research Letter, 75, 368 - 378.

Obispo Gaspar de Villarroel (1648). Carta al Rey.

Real Audiencia (1648). Acta 03 de junio de 1648.

Ruiz, S y R. Madariaga (2012), "Sismogenesis, proceso de ruptura y réplicas del mega terremoto de El Maule 2010". Capítulo 1 del libro " $M_w = 8.8$  Terremoto en Chile, 27 de febrero de 2010". Departamento de Ingeniería Civil. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. Universidad de Chile. Santiago, Chile.

Saragoni R., P. González y M. Fresard (1986). "Análisis de los Acelerogramas del Terremoto del 03 de marzo, 1985". Capítulo 3 del libro "El Sismo del 03 de marzo 1985 - Chile". J. Monje Editor. Acero Comercial S.A. Santiago, Chile.

Saragoni, G.R., A. Holmberg y A. Sáez (1989), "Potencial Destructivo y Destructividad del Terremoto de Chile de 1985", 5tas Jornadas Chilenas de Sismología e Ingeniería Antisísmica, Santiago, Chile, Vol 1. pp. 369 - 378.

Saragoni, R. y S. Ruiz (2012) "Implicaciones y nuevos desafíos de diseño sísmico de los acelerogramas del terremoto de 2010", Capítulo 4 del libro "Mw = 8.8 Terremoto en Chile, 27 de febrero de 2010". Departamento de Ingeniería Civil. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. Universidad de Chile. Santiago, Chile.

Udías, A, R. Madariaga, E. Buforn, D. Muñoz and M. Mus (2010), "The Large Chilean Historical Earthquakes of 1647, 1657, 1730 and 1751 from Contemporary Documents". Bull. Seismological Soc. América. Vol. 102. N° 4 pp. 1639 - 1653.

Vargas. G (2014) Comunicación personal.

Vladilo, I. (1977) "Caracterización del terremoto del 13 de mayo de 1647 y estudio del comportamiento sísmico de la Iglesia de San Francisco de Santiago de Chile". Memoria para optar al título de Ingeniería Civil, Departamento de Obras Civiles, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile, Santiago, Chile.

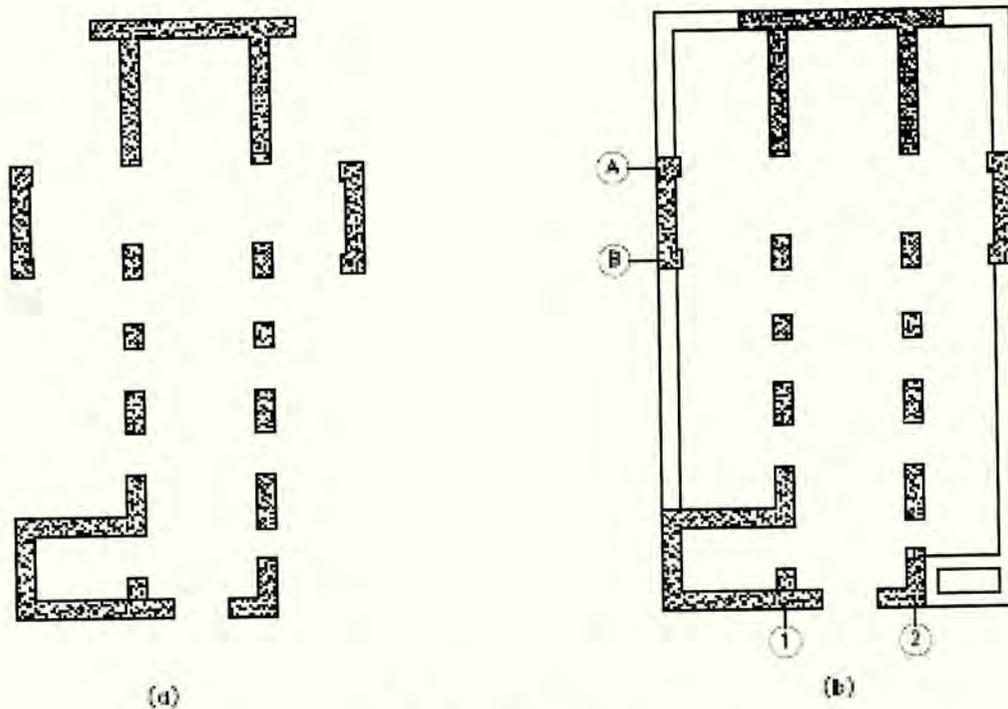


Fig. 1 IGLESIA DE SAN FRANCISCO  
 (a) ESTRUCTURACION DE LA PLANTA EN 1647  
 (b) ESTRUCTURACION DE LA PLANTA ACTUAL  
 (VLADILLO (1977))

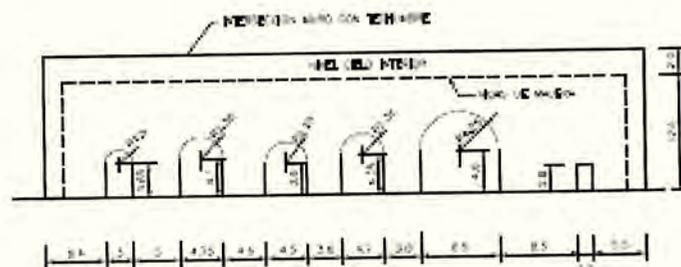


fig. 2 IGLESIA DE SAN FRANCISCO  
 ELEVACION EJE LONGITUDINAL 2  
 (VLADILLO (1977))



Foto 1: Fachada original de piedra de la iglesia de 1572, después del terremoto de 2010.



Foto 3: Muestra el detalle del muro de arcos de piedra del eje longitudinal 1 de la Figura 1.

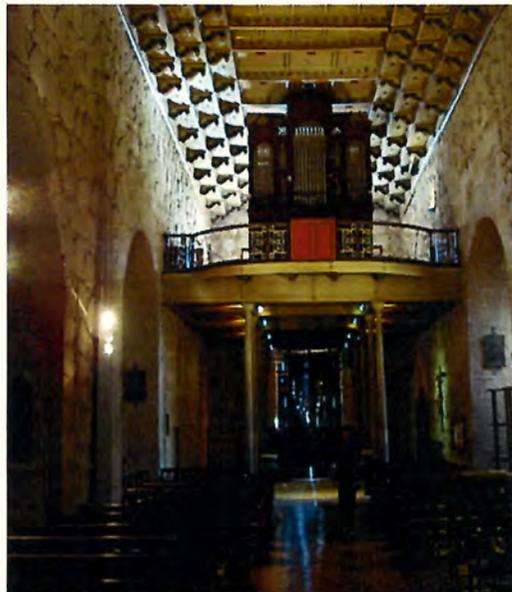


Foto 2: Interior de la iglesia mostrando los muros originales de arcos de piedra en sentido longitudinal.



Foto 4: Muestra un parche de yeso colocado en enero de 2010 para controlar el agrietamiento de los muros, sin daño para de terremoto del 2010.



Foto 5: Muestra el trabajo de albañilería de los muros.



Foto 6: Muestra el descascamiento del estuco en la clave del arco transversal de la nave lateral como consecuencia del terremoto de 2010.



La Foto 7: Muestra la estructura del patio de la iglesia sin daño, al lado se ven los escombros producto de la limpieza, los que se muestran en la Foto 8.



Foto 8: Escombros de los daños del terremoto de 2010, los que se ven escasos.



Foto 9: Muestra el lucernario desde donde solo cayeron dos vidrios durante el terremoto.



Foto 11: Muestra los daños en la clave del arco en la iglesia de la Divina Providencia y su tensor de acero horizontal.



Foto 10: Muestra el daño a la torre de la iglesia de la Divina Providencia, para el terremoto de 2010.

# INSTITUTO DE INGENIEROS DE CHILE

---

## Empresas Socias

AGUAS ANDINAS S.A.

ALSTOM CHILE S.A.

ANGLO AMERICAN CHILE LTDA.

ANTOFAGASTA MINERALS S.A.

ASOCIACIÓN DE CANALISTAS SOCIEDAD DEL CANAL DE MAIPO

BESALCO S.A.

CÍA. DE PETRÓLEOS DE CHILE COPEC S.A.

COLBÚN S.A.

CyD INGENIERÍA LTDA.

EMPRESA CONSTRUCTORA BELFI S.A.

GUZMÁN Y LARRAÍN VIVIENDAS ECONÓMICAS SpA

EMPRESA CONSTRUCTORA PRECON S.A.

EMPRESA NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES S.A.

EMPRESAS CMPC S.A.

ENAEX S.A.

INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN SIGDO KOPPERS S.A.

SOCIEDAD QUÍMICA Y MINERA DE CHILE S.A.

### EMPRESAS DE INGENIERÍA COLABORADORAS

ACTIC CONSULTORES LTDA.

ARCADIS CHILE S.A.

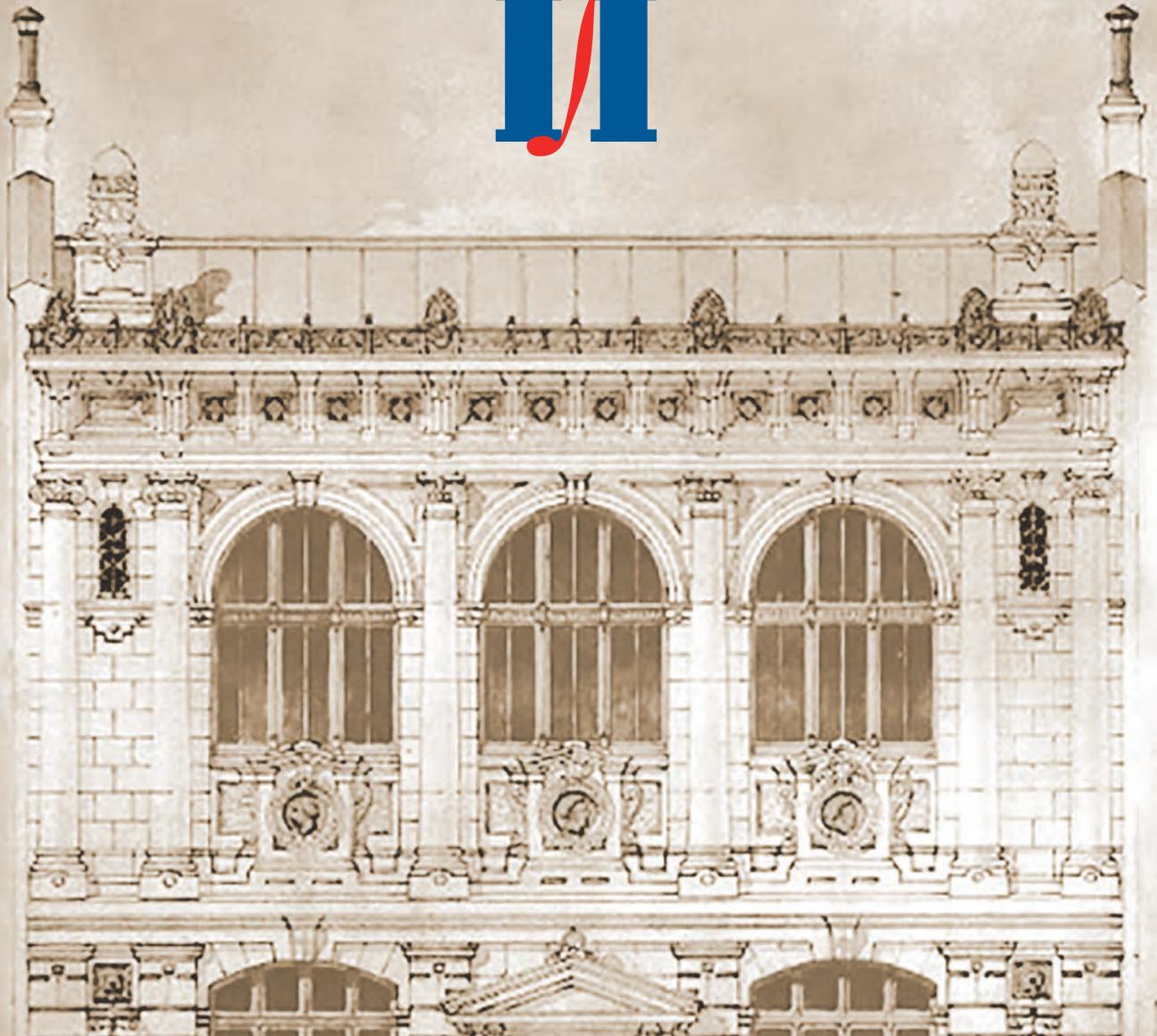
IEC INGENIERÍA S.A.

JRI INGENIERÍA S.A.

LEN Y ASOCIADOS INGENIEROS CONSULTORES LTDA.

SYNEX CONSULTORES LTDA.

ZAÑARTU INGENIEROS CONSULTORES LTDA.



**Nuestros canales digitales:**

Sitio web: [www.iing.cl](http://www.iing.cl)

Linkedin: <https://www.linkedin.com/company/64274333/admin/>

E-mail: [iing@iing.cl](mailto:iing@iing.cl) · [secretaria@institutodeingenierosdechile.cl](mailto:secretaria@institutodeingenierosdechile.cl)

**Nuestros teléfonos:**

(+56) 22696 8647 · (+56) 93736 0656