

# Revista Chilena de INGENIERIA

ISSN 0370 - 4009 - N° 485 - Diciembre 2018



## Anales del Instituto de Ingenieros

Vol. 130, N° 3 - ISSN 0716 - 2340

# INSTITUTO DE INGENIEROS DE CHILE

Fundado en 1888

Miembro de la Unión Panamericana de Asociaciones de Ingenieros (UPADI)  
Miembro de la Federación Mundial de Organización de Ingenieros (FMOI) (WFEO)  
Miembro de la American Society of Civil Engineers (ASCE)

## JUNTA EJECUTIVA

### *Presidente*

Luis Nario Matus

### *Primer Vicepresidente*

Germán Millán Pérez

### *Segundo Vicepresidente*

Dante Bacigalupo Marió

### *Secretario*

Juan Carlos Barros Monge

### *Prosecretaria*

Silvana Cominetti Cotti-Cometti

### *Tesorero*

Iván Álvarez Valdés

### *Protesorera*

Ximena Vargas Mesa

## DIRECTORIO 2018

Renato Agurto Colima

Iván Álvarez Valdés

Elías Arze Cyr

Dante Bacigalupo Marió

Marcial Baeza Setz

Juan Carlos Barros Monge

Sally Bendersky Schachner

Juan E. Cannobbio Salas

Silvana Cominetti Cotti-Cometti

Alex Chechilnitzky Zwicky

Raúl Demangel Castro

Álvaro Fischer Abeliuk

Roberto Fuenzalida González

Rodrigo Gómez Álvarez

Tomás Guendelman Bedrack

Diego Hernández Cabrera

Carlos Mercado Herreros

Germán Millán Pérez

Rodrigo Muñoz Pereira

Ricardo Nanjarí Román

Luis Nario Matus

Ricardo Nicolau del Roure G.

Humberto Peña Torrealba

Mauricio Sarrazin Arellano

Alejandro Steiner Tichauer

Miguel Ropert Dokmanovic

Manuel Ruz Jorquera

Ximena Vargas Mesa

René Vásquez Canales

Jorge Yutronic Fernández

### *Secretario General*

Carlos Gauthier Thomas

## SOCIEDADES ACADÉMICAS MIEMBROS DEL INSTITUTO

ASOCIACIÓN CHILENA  
DE SISMOLOGÍA E INGENIERÍA  
ANTISÍSMICA, **ACHISINA**.

*Presidente:* Rodolfo Saragoni H.

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

*Presidente:* Alexander Chechilnitzky Z.

SOCIEDAD CHILENA DE INGENIERÍA  
HIDRÁULICA, **SOCHID**.

*Presidente:* José Vargas B.

SOCIEDAD CHILENA  
DE GEOTECNIA, **SOCHIGE**.

*Presidenta:* Daniela Pollak A.

SOCIEDAD CHILENA DE INGENIERÍA  
DE TRANSPORTE, **SOCHITRAN**.

*Presidente:* Juan Carlos Herrera M.

**PMI SANTIAGO CHILE CHAPTER.**

*Presidente:* Alfonso Barraza San M.

SOCIEDAD CHILENA DE EDUCACIÓN  
EN INGENIERÍA, **SOCHEDI**.

*Presidente:* Mario Letelier S.

## COMISIONES DEL INSTITUTO

### *Ingenieros en la Historia Presente.*

*Presidente:* Ricardo Nanjarí R.

### *Ingeniería y Desastres.*

*Presidenta:* Silvana Cominetti C.

### *Análisis de Especialidades de la Ingeniería Civil en Existentes en Chile.*

*Presidente:* Iván Álvarez V.

### *Ingeniería y Ética.*

*Presidente:* Elías Arze C.

### *Ordenamiento Territorial.*

*Presidente:* Rodrigo Gómez A.

### *Políticas Públicas de Infraestructura.*

*Presidente:* Germán Millán P.

### *Prospectivas de la Ingeniería.*

*Presidente:* Jorge Yutronic F.

## CONSEJO CONSULTIVO

Raquel Alfaro Fernandois

Jaime Allende Urrutia

Elías Arze Cyr

Marcial Baeza Setz

Juan Carlos Barros Monge

Bruno Behn Theune

Sergio Bitar Chacra

Mateo Budinich Diez

Juan Enrique Castro Cannobbio

Jorge Cauas Lama

Joaquín Cordua Sommer

Luis Court Mook

Alex Chechilnitzky Zwicky

Raúl Espinosa Wellmann

Álvaro Fischer Abeliuk

Roberto Fuenzalida González

Tristán Gálvez Escuti

Alejandro Gómez Arenal

Tomás Guendelman Bedrack

Diego Hernández Cabrera

Jaime Illanes Piedrabuena

Agustín León Tapia

Sergio Lorenzini Correa

Jorge López Bain

Jorge Mardones Acevedo

Carlos Mercado Herreros

Germán Millán Pérez

Guillermo Noguera Larraín

Luis Pinilla Bañados

Mauricio Sarrazin Arellano

Raúl Uribe Sawada

Luis Valenzuela Palomo

Solano Vega Vischi

Hans Weber Münnich

Andrés Weintraub Pohorille

Jorge Yutronic Fernández



*Nuestra portada*

Los premios que el Instituto de Ingenieros de Chile otorga periódicamente son sin duda una labor a la que la Corporación le otorga suma importancia y dedicación. El más antiguo, la "Medalla de Oro", el galardón más importante para un ingeniero civil en Chile. Los premios "Al Ingeniero por Acciones Distinguidas", "Julio Donoso Donoso", "Ramón Salas Edwards", "Justicia Acuña Mena" a la mujer ingeniero, como los premios a los egresados, constituyen una honrosa distinción para quienes lo reciben.

## REVISTA CHILENA DE INGENIERÍA N° 485, diciembre de 2018

Dirección: San Martín N° 352, Santiago  
Teléfonos: 22696 8647 - 22698 4028 - 22672 6997  
www.iing.cl • e-mail: iing@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

Luis Nario Matus  
Dirección: San Martín N° 352, Santiago

### SECRETARIO GENERAL

Carlos Gauthier T.

### SECRETARÍA

Patricia Núñez G.

### DIAGRAMACIÓN E IMPRESIÓN

versión | producciones gráficas Ltda.

**EDITORIAL** Pág. 2

**LA ECONOMÍA GLOBAL  
Y LAS PERSPECTIVAS DE CHILE** Pág. 3

Conferencia del Sr. Klaus Schmidt-Hebbel, Profesor de Economía de la P. Universidad Católica de Chile.

**NUEVAS PERSPECTIVAS  
PARA TRANSANTIAGO** Pág. 17

Conferencia del Sra. Gloria Hutt, Ministra de Transportes y Telecomunicaciones.

**PREMIO "MEDALLA DE ORO - AÑO  
2018" Y PREMIO "AL INGENIERO POR  
ACCIONES DISTINGUIDAS - AÑO 2018"** Pág. 29

Al Sr. Gustavo Rodolfo Saragoni Huerta.

**PREMIO "JUSTICIA ACUÑA MENA -  
AÑO 2018"** Pág. 37

A la Sra. Marcela Munizaga Muñoz.

**PREMIO "JULIO DONOSO DONOSO -  
AÑO 2018"** Pág. 43

Al Sr. Carlos Andreani Luco.

**PREMIO "RAMÓN SALAS EDWARDS -  
AÑO 2018"** Pág. 50

Al trabajo: "Biopurificador de Aire para ambientes interiores".

**PREMIO A LOS ALUMNOS  
DESTACADOS DE INGENIERÍA  
CIVIL - AÑO 2018** Pág. 56

- Marcos Orrego Puelma.
- Ismael Valdés Valdés.
- Roberto Ovalle Aguirre.

**ENTREVISTA A INGENIEROS  
DESTACADOS** Pág. 60

- Sr. Luis Valenzuela P.
  - Sra. Ximena Vargas M.
- Comisión de Ingenieros en la Historia  
Presente  
Presidente: Ricardo Nanjarí R.

En esta edición de la Revista Chilena de Ingeniería, se insertan las transcripciones de las conferencias tituladas: “La Economía Global y las Perspectivas de Chile” y “Nuevas Perspectivas para Transantiago”, dictadas, respectivamente, por el destacado economista señor Klaus Schmidt-Hebbel, Profesor de Economía de la Pontificia Universidad Católica de Chile y por la Ministra de Transportes y Telecomunicaciones, señora Gloria Hutt. Por la importancia de los temas tratados por ambos conferencistas y su vigencia en la coyuntura, estas transcripciones constituyen un magnífico documento de información y síntesis, puesto a disposición de la comunidad y de las autoridades.

En el mes de octubre pasado, y de acuerdo a la tradición institucional, se otorgaron los tres premios que el Instituto de Ingenieros de Chile confiere a los alumnos destacados que egresaron el año inmediatamente anterior de la carrera de ingeniería civil. Ellos provienen 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 y Pontificia Universidad Católica de Valparaíso. Los premios otorgados son:

- “Marcos Orrego Puelma”, al mejor alumno.
- “Ismael Valdés Valdés”, a quien se haya distinguido, simultáneamente, por sus aptitudes para organizar y dirigir, por sus condiciones morales, y por su preparación técnica.
- “Roberto Ovalle Aguirre”, a los autores del mejor proyecto o memoria para obtener el título de Ingeniero Civil.

En consecuencia, el Instituto honró a 22 jóvenes ingenieros que inician su vida profesional con un estímulo muy significativo, que los insta a ejercer su profesión con optimismo, alto nivel de competencia y lealtad. En esta edición de la Revista Chilena de Ingeniería se entrega un reportaje amplio de la ceremonia de premiación.

La última actividad de premiación del año 2018 se relacionó con el reconocimiento a la trayectoria de Ingenieros destacados, los que en esta oportunidad honraron a:

- Marcela Munizaga Muñoz, quien recibió el premio “Justicia Acuña Mena”, que se confiere a la mujer ingeniera civil destacada en el ejercicio de su profesión, ya sea en el campo público o privado.
- Carlos Andreani Luco, con el premio “Julio Donoso Donoso”, que se otorga 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.
- Alberto Vergara Fernández, Patricio Moreno Casas y Germán Aroca Arcaya, quienes recibieron en forma conjunta el premio “Ramón Salas Edwards”, con el que se destaca el mejor trabajo científico o tecnológico relacionado con la Ingeniería.
- Rodolfo Saragoni Huerta, quien fue distinguido con dos premios en el mismo período: “Al Ingeniero por Acciones Distinguidas”, que se otorga al Ingeniero que hubiese desarrollado acciones distinguidas, en el campo público o privado, durante los tres años anteriores a los de su otorgamiento, y la “Medalla de Oro”, máxima distinción que se entrega al Ingeniero, destacado en su trayectoria profesional, por sus extraordinarios aportes y servicios al país, a la profesión o al propio Instituto.

Los ingenieros premiados tienen un amplio reconocimiento nacional, tanto por sus labores académicas como por sus trabajos profesionales, los que se destacan en las presentaciones que, de cada uno de ellos, hicieron premiados el año inmediatamente precedente, y de los que da cuenta detallada la presente edición de la Revista.

Finalmente, continuando con el ciclo de entrevistas a ingenieros destacados, con el propósito de preservar la historia de ellos y de la Ingeniería, la Comisión de Ingenieros en la Historia Presente agrega las realizadas a los ingenieros señor Luis Valenzuela Palomo y a la señora Ximena Vargas Mesa que, como las que se hagan en el futuro, serán objeto de una publicación especial.

# LA ECONOMÍA GLOBAL Y LAS PERSPECTIVAS DE CHILE

*Conferencia del  
Sr. Klaus Schmidt-Hebbel,  
Profesor de Economía de la  
P. Universidad Católica de Chile*



*Sr. Klaus Schmidt-Hebbel, durante su conferencia.*

*Ante una concurrida asistencia de personalidades del ámbito público y privado, se realizó en el Club de la Unión el pasado 25 de julio de 2018, la conferencia del Sr. Klaus Schmidt-Hebbel, Profesor de Economía de la Pontificia. Universidad Católica de Chile, quien expuso sobre el tema: “La Economía Global y las Perspectivas de Chile”.*

*El Sr. Schmidt-Hebbel, es Ingeniero Comercial, Licenciado en Economía y Magister en Economía de la Pontificia Universidad Católica de Chile, tiene un Ph.D. en Economía del Massachusetts Institute of Technology.*

*Es Consultor y Asesor Internacional. Es Profesor de Economía de la Pontificia Universidad Católica de Chile desde 2009 y Profesor Asociado de la Universidad de Chile. Es Presidente del Consejo Fiscal Asesor del Ministerio de Hacienda de Chile y Presidente del Comité Financiero Asesor de los Fondos Soberanos de Chile del Ministro de Hacienda. Es el Director General del Grupo Res Publica Chile, un proyecto de propuestas de políticas públicas. Es Director del Banco BCI y Consejero de Chile Transparente.*

*Fue Economista Jefe de la OCDE y Director del Departamento Económico de la OCDE en París durante 2008-2009. Los 12 años anteriores se desempeñó como Gerente de Investigación Económica del Banco Central de Chile en Santiago. Antes de esto fue Economista Principal del Departamento de Investigación del Banco Mundial en Washington.*

*Ha asesorado y realizado consultorías con distintas organizaciones y corporaciones internacionales, 20 bancos centrales, 10 gobiernos y muchas universidades, realizando investigación y prestando asesorías financieras y de políticas públicas en tópicos que abarcan mercados financieros, políticas macroeconómicas y de crecimiento, reformas de mercados de capitales y de sistemas de pensiones, y organización institucional. Ha expuesto sobre temas financieros, macroeconómicos y de desarrollo en cientos de conferencias internacionales y reuniones del sector privado.*

*En el año 2008 fue elegido “Economista del Año” por sus pares en Chile. Durante 2007-2008 fue Presidente de la Sociedad de Economía de Chile. Tiene un gran número de publicaciones científicas en los campos de finanzas internacionales, macroeconomía, política monetaria, crecimiento y desarrollo económico.*

**Sr. Klaus Schmidt-Hebbel:**

—Muy buenas tardes, déjenme partir con algo que viene del corazón, siento un honor y alegría enorme de estar con ustedes acá en el Instituto de Ingenieros de Chile. Acabo de saber por su presidente, mi gran y estimado amigo Luis Nario que el Instituto cumple 130 años de existencia este año, y eso es notable. Es notable porque debe ser por lejos la institución profesional y académica, preocupada de políticas públicas, más importante del país y con una larga trayectoria y por ello, les repito, es un honor y un agrado estar acá.

En lo personal a su vez es un enorme agrado reencontrarme con tantos y apreciados ingenieros que tanto han aportado a Chile y tantos y apreciados amigos que están acá, por lo que estoy doblemente contento.

Déjenme brevemente introducir el tema a exponer ante ustedes. Hablaré de la economía global y las perspectivas de Chile desde el punto de vista de la actual coyuntura. Luego expondré un poco sobre Chile y concluiré muy brevemente, centrado en nuestro país.

El análisis es distinto al de un análisis típico de un consultor que mira al corto plazo, ya que también analizaré algunos temas de largo plazo y algunos retos, tanto para el mundo como para nuestro país.

**I. Economía mundial**

Déjenme partir con la coyuntura mundial. Esta aún presenta un escenario base muy favorable para los años 2018 y 2019. En el sentido de que el crecimiento mundial se proyecta en torno a 3,8% que está bien sobre la media de los últimos 25 años. No es espectacular como los años 2003-2007, antes de las crisis, pero es un buen crecimiento para el mundo como un todo, que tiene una enorme heterogeneidad entre regiones y entre países.

Si bien el escenario base es favorable, existen escenarios alternativos de riesgo. Y esos riesgos, especialmente adversos, tienden a aumentar día a día. Es cosa de abrir el diario, leer las noticias para tener convicción que las incertidumbres y los riesgos se están multiplicando en los últimos meses, desde inicios de año.

La Figura 1 muestra las proyecciones de abril para la economía mundial del FMI. ¿Y que indican?, que entre 2018 al 2020 tenemos un crecimiento proyectado en torno al 3,8% promedio anual.

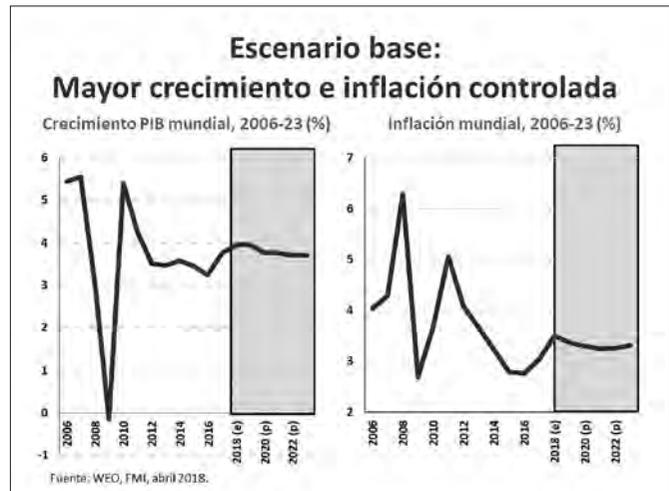


Figura 1

Es el promedio mundial y, por supuesto, esconde una enorme heterogeneidad. Existen algunos países en recesión (lamentablemente algunos vecinos o no tan vecinos nuestros, pero que son parte de la región) y otros países creciendo como locomotoras (China y otros países asiáticos).

El lado derecho de la Figura 1 muestra otra variable que miramos los macroeconomistas siempre de cerca: la inflación.

La inflación es un problema relativamente superado en el mundo. No tenemos un problema de inflación estructural de dos dígitos o más, a excepción de uno o dos países que mencionaré un poco más adelante. La inflación dejó de ser un problema de las economías emergentes, donde nuestras tasas de inflación están en torno al 4,0-5,0% en promedio. Y las economías desarrolladas, que combatieron la realidad y los riesgos futuros de deflación por 5 o 6 años, han emergido ahora con tasas de inflación en torno al 1,5-2,5%.

Lo anterior es una muy buena noticia porque a tasas de inflación medianas y altas existe una gran incertidumbre macroeconómica y microeconómica, distorsiones de precios y por lo tanto un enorme freno a la inversión y a la compra de bienes de consumo durables. Por lo tanto, un alto nivel de inflación es recesivo, como lo demuestra la experiencia histórica de Chile y las pocas experiencias de hoy en día que quedan en el mundo.

Dado ese escenario, existen 7 riesgos adversos de corto plazo:

1. Alta volatilidad de los mercados, los financieros en particular y los de renta variable en específico.

2. Hay un posible término del boom de crecimiento de Estados Unidos, y también del mundo como un todo, después de una recuperación larga e intensa de la gran crisis financiera del año 2008. Es posible que nos estemos acercando a ese término del boom, en forma creciente a medida que pasan los meses.
3. Latinoamérica es un vecindario estancado e inestable. Es lejos la región, de entre las grandes regiones de países emergentes, que tiene el peor desempeño, casi en todo. La tasa de crecimiento y la tasa de inflación promedio se ven afectadas por países como Argentina y Venezuela, particularmente. Además, existen severas limitaciones estructurales políticas y sociales.
4. La guerra comercial, es el riesgo del día que se está haciendo realidad. Mas que riesgo, la única pregunta al respecto es acerca de cuál va a ser la intensidad con la que se va a desarrollar esta guerra comercial. ¿Se va a generalizar a otras terceras naciones con los anuncios y con las medidas que ya ha tomado el presidente Trump y las medidas compensatorias que han tomado China y han amenazado países de Europa y Canadá?
5. Tensiones geopolíticas crecientes, dictaduras unipersonales y guerras locales.
6. Políticas procíclicas, fiscales y monetarias, y el lento avance hacia la normalización monetaria de Estados Unidos, es un riesgo importante.  
¿Por qué lo procíclico es grave? Políticas procíclicas significa que en años de “vacas gordas”, como EE.UU. este año y el próximo eventualmente también, se le está echando bencina a la hoguera del sobrecalentamiento cíclico. Esto se produce en primer lugar a través de políticas fiscales ultra expansivas (reducción de impuestos que aprobó el Congreso de EE.UU. en diciembre del año pasado, y que ya es una realidad) y, en segundo lugar, por una política monetaria que está atrasada respecto a un ritmo más rápido y de tasas más altas que ya debería haber adoptado la FED. Esto se traduce en una gran demanda pública y privada y, por tanto, se alarga excesivamente este ciclo expansivo, se toman demasiados riesgos por el lado de los mercados financieros y los oferentes de créditos de los bancos, lo cual intensificará la caída posterior.
7. La volatilidad y los cambios de nivel de los precios de los *commodities* que ya estamos viviendo. Al menos en el caso de productos minerales y agropecuarios, a consecuencia de la guerra comercial, aún parcial, que se está desarrollando entre Estados Unidos y China.

La Figura 2 muestra casi 91 años de historia de la renta variable de Estados Unidos. Este es *Standard & Poor's 500* (S&P-500) entre los años 1926 y 2017.



Figura 2

El actual “*bull market*”, está medido solamente hasta fines del 2017. Dicha expansión lleva 8,8 años y es la quinta expansión más larga. Probablemente, con datos hasta hoy día, sería la cuarta más larga de la historia americana desde los años 20. Por supuesto, así como hay mareas dentro de un ciclo de 24 horas del mar, las aguas suben, las aguas bajan. A un “*bull market*” siempre le sigue un “*bear market*”. Esta corrección puede ser menor en algunos casos o profundísima y mayor en otros casos. Y eso típicamente está asociado, aunque no es un predictor perfecto, al crecimiento e incluso precede a una eventual recesión.

Estados Unidos es el país que tiene las series más largas de actividad económica trimestral y anual, y más confiable, desde 1854 hasta la fecha. La Figura 3 muestra el número de meses de expansiones del PIB, de períodos de vacas gordas. Es típicamente una recuperación después de una crisis o una recesión.

Actualmente, Estados Unidos enfrenta su segunda expansión más larga de la historia de los últimos 164 años. La más larga de la historia fueron 120 meses. Y, por supuesto, así como ocurre con los precios de renta variable también sucede con la actividad, que no crece en forma continua y siempre, sino que hay un periodo posterior de ajuste y eventualmente de recesión.

La Figura 4 muestra la correlación simple entre el crecimiento y el retorno de las acciones, la cual es 0,38. La correlación es positiva, es decir, típicamente en expansiones económicas del PIB, también los precios de renta variable suben y lo mismo sucede en periodos negativos donde hay recesiones y ajustes hacia la baja importantes de la renta variable. Pero ciertamente la correlación simple no es perfecta. A los economistas nos

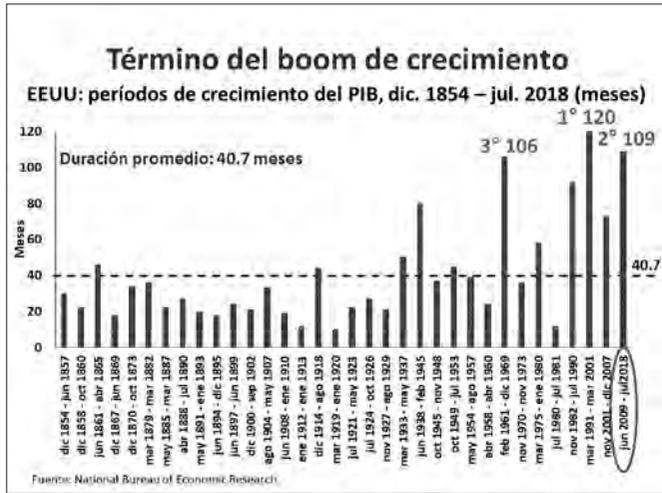


Figura 3

**¿Predicen las acciones al PIB? Sí**  
 Estudios sobre precios de acciones como indicador líder del PIB

Estudio	Datos	Tipo de medida	Resultados
Huang and Kracaw (1984)	1962-1978	Trimestral	Precios de acciones predicen al PIB en 4 trimestres
Comincioli (1996)	1970-1984	Trimestral	Precios de acciones Granger causa PIB con rezagos de 1 a 3 trimestres
Otoe (1999)	1980-1999	Mensual	Precios de las acciones son indicador principal del PIB
Foresti (2007)	1959-1999	Trimestral	Precios de acciones tienen poder predictivo con rezagos de hasta 5 trimestres

Figura 5



Figura 4

gusta hacer estudios condicionales, controlando la situación de cada una de estas expansiones y ahí hay varios estudios de los años 80 hasta el 2007.

La Figura 5 resume algunos estudios en que los precios de las acciones tienden a ser un indicador líder de la actividad. Con cierto adelanto, aproximadamente de 3-5 trimestres. Si se ajusta la renta variable, esto está asociado a una corrección importante del crecimiento, a una recesión más o menos un año más tarde. Y eso hay que tomarlo en forma más seria que la correlación simple, porque están condicionados por otros factores, y estos son estudios serios y publicados.

El otro riesgo son las políticas procíclicas de Estados Unidos. Hoy en día Estados Unidos está en la fase más alta del ciclo. El desempleo está bajo el 4% y el PIB está por encima del nivel potencial o de tendencia.

Y en esas condiciones la política monetaria es expansiva. Las tasas de interés son más altas que las de equilibrio a largo plazo que está en torno a, en el caso americano, 2,5-3%. Deberíamos estar con una tasa del 4% y no de la actual [1,75-2,0]%. Existe un atraso de política monetaria.

En lo fiscal, los cortes de impuestos del Presidente Trump son muy expansivos y está empujando un déficit fiscal hacia un 5% del PIB americano, debiendo ser todo lo contrario. En época de vacas gordas y al final de ciclo debería haber mucho ahorro fiscal. Uno ahorra en tiempo de vacas gordas, lo debe hacer la familia, la empresa, el país, y también el sector público, para tener recursos para enfrentar los períodos de vacas flacas. Trump hace exactamente lo contrario.

La Figura 6 muestra los aumentos esperados de los *Fed Funds Rate* a julio de 2018. Recién en el año 2020, de acuerdo al mercado americano y los analistas, llegamos a una tasa superior de equilibrio a largo plazo, que es 3,4%, y es muy tarde. Debería ser la tasa de hoy en día, para frenar el crédito y el excesivo gasto privado, por consumidores y empresas.

La guerra comercial empezó el 23 de marzo, que es una guerra que cada vez escala más (Figura 7).

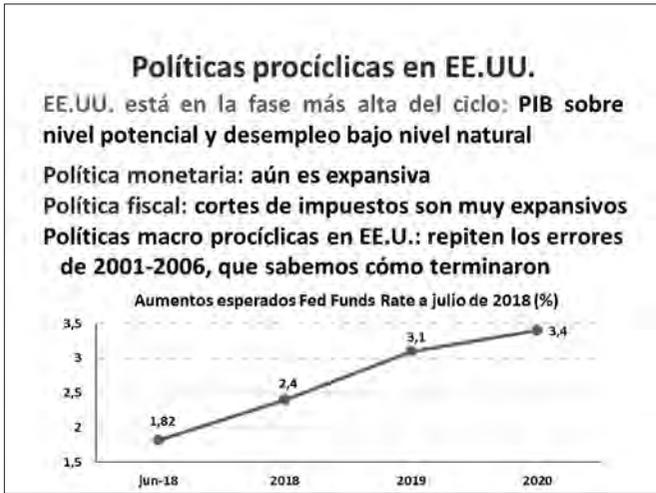


Figura 6



Figura 7

Esto de colocar tarifas compensatorias y luego se haga lo mismo por parte del otro país y no se vea el fin a ello, es un gran tema y la pregunta que surge es: ¿qué consecuencias tiene eso?

Hay dos escenarios posibles. El primer escenario es una guerra comercial bilateral, limitada y con algunos impactos en otros países porque Trump ya colocó también aranceles a la importación al acero desde Europa y desde Canadá. Este escenario tendría efectos menores sobre el PIB y el comercio mundial. Pero hay un efecto adverso de todas maneras: destruir el comercio de bienes y de servicios. Esta destrucción significa menor crecimiento económico para todos los países, directa o indirectamente afectados por esto.

Un segundo escenario está representado por guerras comerciales generalizadas en el mundo, en donde los efectos adversos serían de primer orden. Sin embargo, ese escenario todavía es improbable.

Dos economistas de *Bloomberg Economics* cuantificaron estos efectos. La Figura 8 simula los efectos de la guerra comercial en el PIB mundial y el comercio, a partir del 2018 y hasta el 2021.

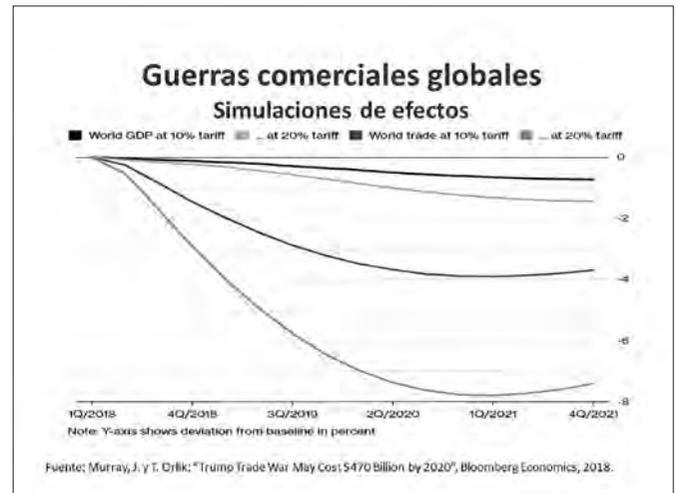


Figura 8

La primera curva de arriba (curva negra), indica que si la tarifa promedio mundial sube del actual 8% a un 18%, el efecto es menor. Significa que el crecimiento del escenario base cae 0,8% hacia el 2021, un efecto menor. En el comercio el efecto es mucho mayor por supuesto, porque se trata de una medida restrictiva comercial.

¿Pero qué ocurre si el aumento tarifario sube en 20 puntos porcentuales, a 28%? En ese caso ya tenemos una caída del PIB después de tres años de hasta 1,7%. Y el comercio mundial cae en 8% al tercer año.

Sin embargo, estas simulaciones no consideran los efectos que tiene esta guerra comercial sobre las incertidumbres financieras, sobre los flujos financieros, sobre la confianza de los empresarios y consumidores en el mundo. Lo que hemos visto ahora en los mercados financieros son esas consecuencias no cuantificadas por las simulaciones anteriores, que son los coletazos financieros, de confianza y de expectativas que causa esta guerra. Es decir, las simulaciones presentadas constituyen el piso de los efectos adversos que podríamos estar sufriendo.

Hay ganadores y perdedores y este estudio también calcula cuáles países ganan y cuáles pierden.

¿Por qué ganan algunos países? Porque se benefician de las tarifas recíprocas entre EE.UU. y China, y por tanto le venden más productos a China y a EE.UU. La Figura 9 refleja los países se benefician y los que se perjudican.

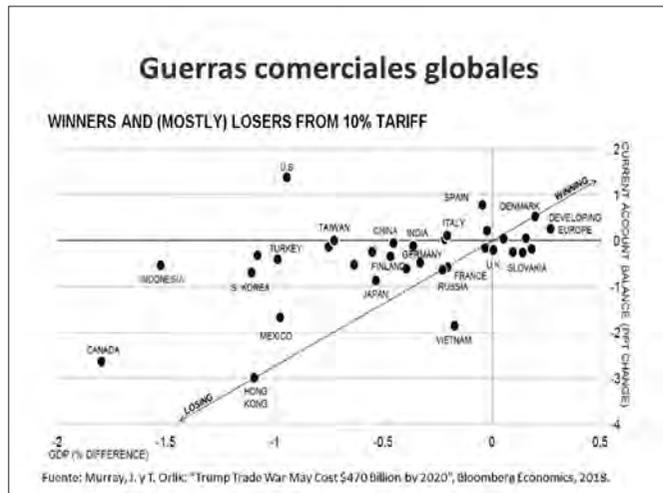


Figura 9

Esto tiene que ver con globalización y sus adversarios, de los cuales uno muy destacado es el Presidente Trump.

En Estados Unidos se observa una fracción muy baja de la población a favor de la globalización, cerca del 40%. En Reino Unido un 48% y en Francia aún menos un 36%. Por suerte, Macron no se deja influenciar por eso y sigue con políticas de apertura, incluso crecientes, habiendo firmado la Unión Europea un tratado de libre comercio con Japón hace pocos días atrás (Figura 10).

¿Quiénes están a favor de la Globalización? Aquellos países emergentes, muchos de ellos pobres, como India Filipinas, Vietnam y Tailandia, y otras de ingresos medios, como en Malasia e Indonesia. Países donde una gran mayoría de la población ha sido beneficiada con la integración comercial y financiera de sus países al mundo, elevando los salarios, el empleo y el nivel de vida, cayendo la pobreza. Estos son los países que están a favor.

En cambio, los países desarrollados, que en promedio también se han beneficiado con la globalización, pero, por ejemplo, en EE.UU. hay un importante grupo, políticamente importante, de votantes de Trump, que se perjudicó por la globalización.



Figura 10

Estos son los trabajadores de sectores cuyas firmas se han trasladado hacia países en desarrollo y han cerrado plantas en EE.UU. Esos trabajadores han sufrido pérdidas importantes en sus ingresos.

Vivimos en un mundo complicado. Cuando implotó el comunismo soviético en el año 1990, salió Francis Fukuyama con su libro, "The End of History", pronosticando que el modelo liberal, democrático, de propiedad privada y economía descentralizada iba a dominar el mundo, incluyendo los países posteriores a la disolución de la Unión Soviética. Y esto ciertamente no sucedió.

Pero ocurrió una cierta tendencia hacia una mayor democratización en partes de Asia y de Europa Oriental. Sin embargo, no se previó lo que está sucediendo ahora: que los "hombres fuertes" (Xi Jinping en China y Putin en Rusia) han amasado la mayor cantidad de poder. En el caso de Putin, desde Stalin y en el caso de Xi Jinping desde Mao se hacen reelegir eternamente, son básicamente dictaduras unipersonales con todo un aparato estatal que las apoya.

Esos regímenes unipersonales, más los populismos en democracias estables como Trump, Berlusconi y Le Pen en el futuro, más guerras regionales calientes, el Medio Oriente, Afganistán, Sahel, implican tensiones geopolíticas crecientes y de mayor volatilidad económica y financiera. Esto es un riesgo político que tiene consecuencias militares, políticas y sociales muy severas.

Consecuencia directa de ello es la migración masiva de personas desde Sahel africano hacia Europa, los inmigrantes ilegales desde Siria hacia Europa, entre otros. Más allá de

esas tensiones geopolíticas directas está asociada una mayor volatilidad económica financiera en las regiones afectadas y en todo el mundo.

América Latina es una región muy heterogénea, desde Gran Caimán, un paraíso fiscal con un ingreso per cápita de 28 mil dolares, hasta Bermuda con un ingreso per cápita de 42 mil dolares, luego Haití con un ingreso per cápita que debe estar hoy en día en torno a 800 dolares y además en semiguerra civil permanente.

Existen sombras muy severas en América Latina. Actualmente existen gobiernos populistas e instituciones débiles. Gobiernos como los de Kirchner en Argentina y Lula y Dilma en Brasil, representan la enorme y creciente corrupción, altos niveles de pobreza y alta concentración del ingreso, con oportunidades muy dispares para sectores distintos de la población y un bajo crecimiento.

Hay una investigación muy famosa, “*Divergence: Big time*”, de Lant Pritchett en 1997 que decía: “**Los países emergentes, estamos todos fritos**”. En vez de converger en el PIB per cápita, estábamos divergiendo en los años 70-90 y para atrás. De esta manera, los países emergentes no tendrían oportunidades de desarrollo.

Por suerte, en análisis de Pritchett resultó ser demasiado pesimista porque en promedio muchas regiones emergentes lograron despegar. Esto porque crecieron en promedio más que los países desarrollados y por lo tanto la brecha porcentual en el PIB per cápita se fue cerrando, la pobreza disminuyó y la distribución del ingreso mejoró, por ejemplo, en países como los asiáticos.

Pero nuestra región no. En nuestra región, estábamos creciendo hace muchos años, después del término del boom de materias primas, menos que la economía mundial.

Las luces tienden a estar por el lado Pacífico del continente americano, fundamentalmente a través de la Alianza del Pacífico, con políticas más razonables, gobiernos más estables, con estabilidad democrática y con un populismo acotado.

Además, se acaba de firmar con Canadá y con otros 6 países asiáticos el *Trans-Pacific Partnership* (Acuerdo Transpacífico de Cooperación Económica) que es un notable acuerdo de integración comercial con normas comunes en inversión y normas sanitarias para la exportación e importaciones que se toman con estos socios del Pacífico.

El resultado de lo dicho respecto de América Latina son estas tasas de crecimiento, representadas en la Figura 11.

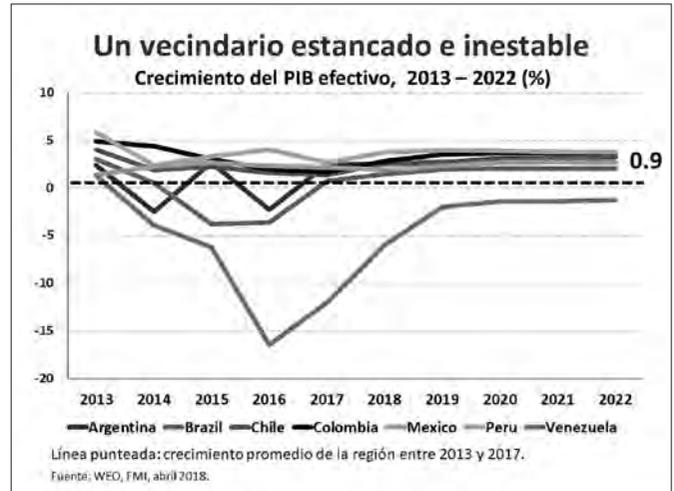


Figura 11

Entre los años 2013 y 2022, proyectado por el Fondo Monetario Internacional, la región crecerá en promedio un 0,9%. Con una población que crece al año 0,9%, el PIB per cápita es totalmente plano y estancado.

Estas proyecciones son previas a las últimas que hemos visto, con los datos recientes de Argentina, el cual está en plena recesión con una caída del PIB de un 5,8% (mayo del año pasado a mayo de este año), Brasil y Perú los cuáles van a crecer menos de lo proyectado.

Existen tres riesgos adversos de largo plazo, que ya son realidades:

1. La cuarta revolución industrial, con la Automatización, inteligencia artificial y robotización.
2. El cambio climático y sus consecuencias.
3. Pérdida masiva de biodiversidad.

El tema con estos riesgos es cuán adverso, favorable y riesgoso van a ser las consecuencias de estos tres escenarios que estamos viviendo en forma plena y en todo el mundo.

Después de tres revoluciones industriales (Figura 12), estamos en la cuarta, que fundamentalmente es digitalización y reemplazos masivos de seres humanos por inteligencia artificial.

En relación, por ejemplo, a la oferta de robots industriales, esta revolución se está gestando entre los años 2008 y 2020. La Figura 13 muestra la creciente oferta de robots industriales, pasando de 113 mil robots industriales en el año 2008 a 521 el año 2020.

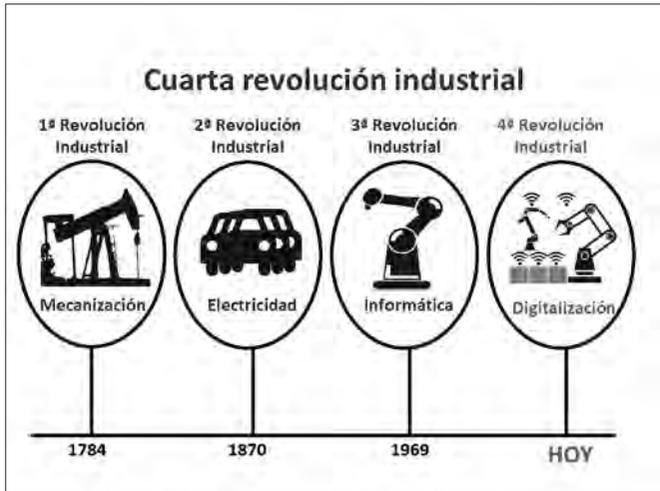


Figura 12



Figura 14

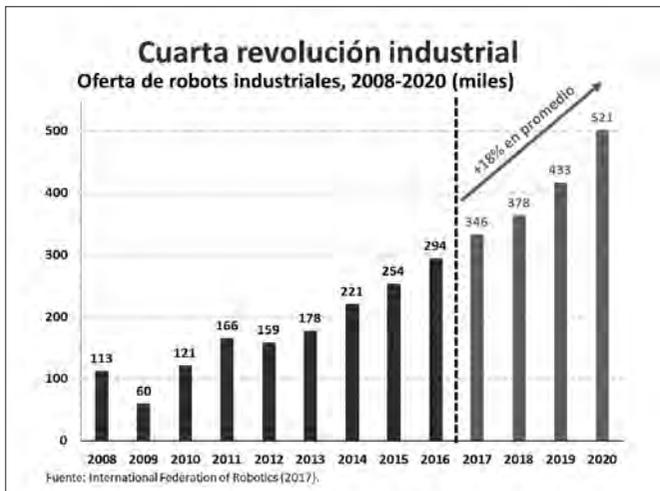


Figura 13

En cuanto a los robots instalados por país, ya el año 2016, es posible apreciar las diferencias que se muestran. Al lado izquierdo de la Figura 14, se aprecian los países que, no obstante, la alta calificación de su fuerza de trabajo, tienen la mayor densidad de robots por 10 mil empleados en la industria manufacturera. Estos países son: Corea, Singapur, Alemania, Japón, Suecia, pudiendo agregar Dinamarca y Estados Unidos.

En los países desarrollados, esta revolución tecnológica, no solamente se está realizando, sino que se está implementando. El promedio mundial es de 74 robots por 10 mil empleados, pero se ve una enorme divergencia. Respecto de América Latina, mientras hay algo en México, Argentina y en Brasil, Chile ni aparece, básicamente no tenemos robots.

Las consecuencias de esto son, por una parte, la enorme ganancia en productividad en todos los sectores que se automatizan y que se robotizan. Por otra parte, está el gran reto que tiene el mundo de cómo reabsorber y reentrenar en otras calificaciones al 40% de la fuerza laboral mundial que se estima que el 2030 no va a estar haciendo lo que está haciendo hoy en día. Lo anterior es un reto mayúsculo.

El Cambio Climático es una realidad. La Figura 15, muestra la cifra del nivel de dióxido de carbono desde el año 400.000 a. C. hasta el año 2018. La curva ascendente brutal, básicamente se observa en el siglo XX, en forma exponencialmente creciente.

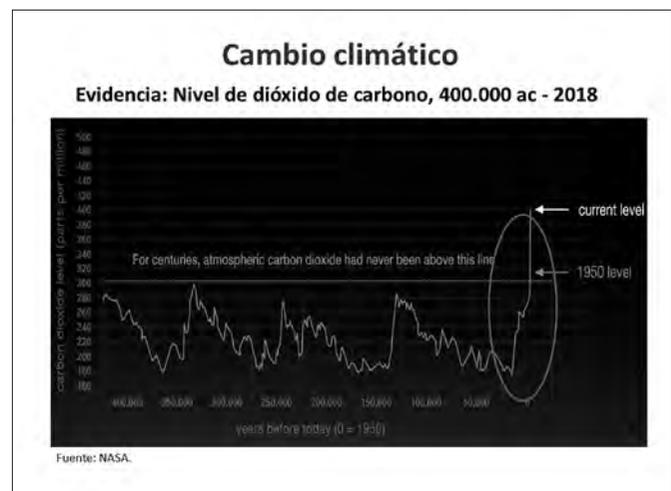


Figura 15

A consecuencia de esto, la temperatura global promedio ha aumentado en el último siglo y medio. Esta medición la realizan en forma distinta y en lugares distintos, pero es un hecho que la temperatura promedio sigue aumentando, con consecuencias que vemos hoy en día (incendios en Grecia, California, en Chile hace 2 años y en todo el mundo) (Figura 16).

Las que más pierden son la industria del petróleo y el carbón, básicamente porque se sustituyen por energías más amigables con el entorno. La que puede ganar eventualmente es la energía nuclear y las energías renovables.

Una cosa que es realmente dramática es *Living Planet Index*, el cual mide la diversidad en distintas categorías de especies, en el mar, la tierra y en aguas lacustres y ríos.

La Figura 18 muestra como la biodiversidad ha bajado brutalmente en todos los lados. Ha bajado en el *Freshwater Living Planet Index* que cayó a un 0,3, esa es la diversidad de nuestros lagos medidos como índice y cómo ha caído en 40 años. Los mares, la tierra y el *Global Living Planet Index*, que saca un promedio ponderado de los indicadores, es dramático, así como la pérdida de biodiversidad.

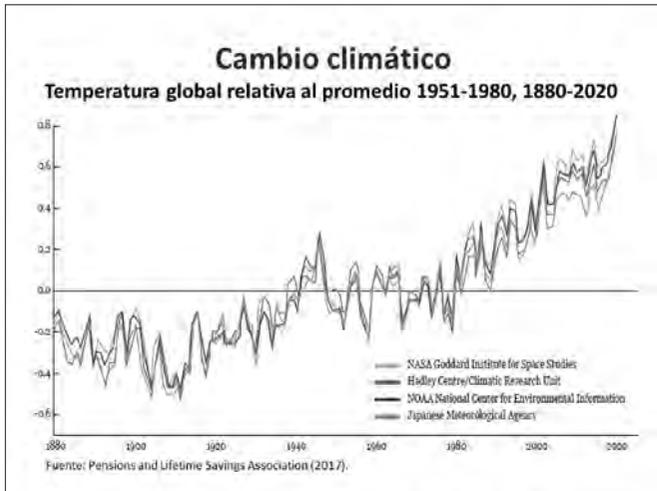


Figura 16

La Figura 17 muestra las estimaciones de quienes son los ganadores y los perdedores en relación a la industria en el mundo, con el cambio climático.

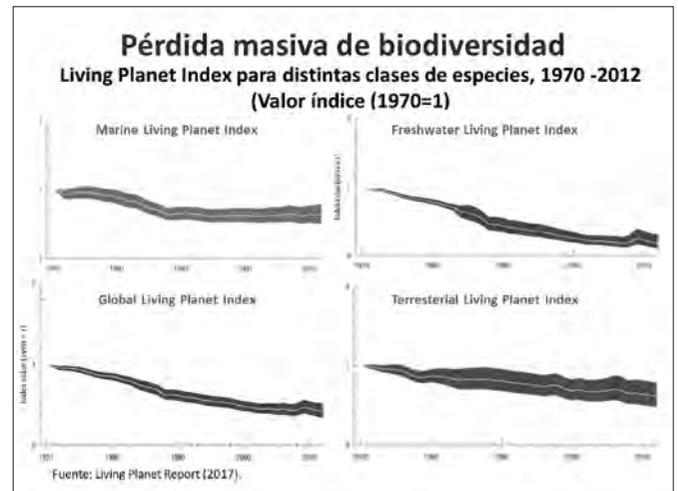


Figura 18

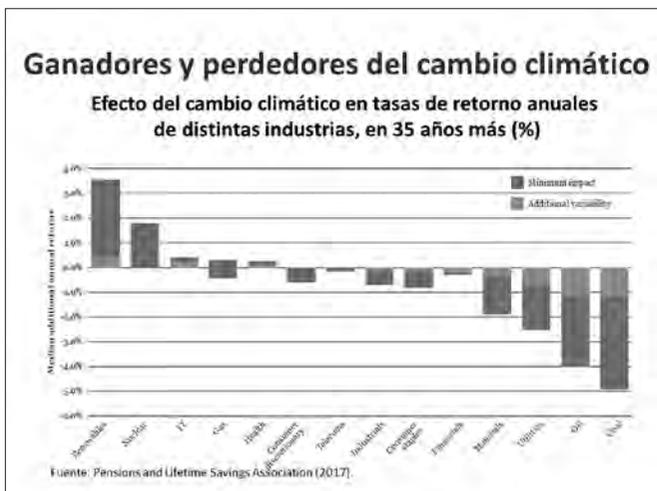


Figura 17

La Figura 19 muestra el número de extinciones por millón de especies año y extinciones por siglo. En la era fósil desaparecieron los dinosaurios, el meteorito que cayó hace 60 millones de años que destruyó buena parte de la biodiversidad de ese momento, pero implicó una mayor diversidad posterior, que reemplazó a los dinosaurios. Sin embargo, en el siglo XX y XXI existe una dramática extinción que estamos viviendo y causando nosotros mismos. Y eso, por supuesto, pone en peligro la supervivencia no solamente de todas esas especies que se acaban, sino que la nuestra también.

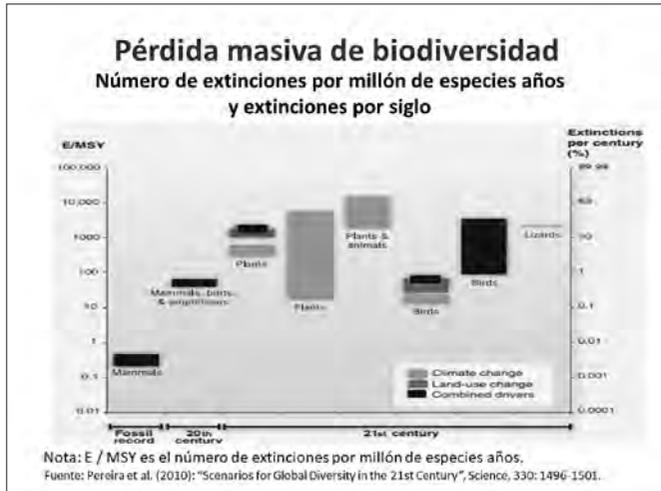


Figura 19

**Escenario externo base para Chile**  
Muy buenas condiciones externas, 2014 – 2020 (%)

Variable	2014	2015	2016	2017	2018 (f)	2019 (f)	2020 (f)
Precio del cobre (US\$/lb)	3,1	2,5	2,2	2,8	3,1	2,95	2,85
Precio del petróleo Brent (US\$/b)	98,9	52,4	44,1	54	73	73	69
Variación términos intercambio de Chile (%)	-1,4	-4,5	1,9	9	0,4	-2,5	-1,0
Crecimiento del PIB Mundial (%)	3,6	3,4	3,2	3,8	3,9	3,8	3,6
Tasa libor nominal en US\$ a 90 días (%)	0,2	0,3	0,7	1,3	2,3	3,4	3,9
CDS para economías emergentes (puntos base)	105,11	89,53	91,9	95,86	-	-	-

Fuentes: IFO, junio 2018 y Bloomberg.

Figura 20

## II. Economía chilena

En Chile existe una combinación virtuosa en la coyuntura actual a través de mayores certezas políticas, jurídicas, fiscales, programáticas y reformas, al menos anunciadas en cuanto su intención. Además de un escenario base externo algo mejor que en los años previos, aunque con ciertos riesgos y otros factores preocupantes, como la caída del precio del cobre.

Hay mejores perspectivas para la actividad y el desarrollo de Chile, las cuales han mejorado desde la segunda vuelta presidencial en la que impuso el Presidente Piñera.

La Figura 20 muestra el escenario base de Chile. Esto, a su vez, muestra que las condiciones externas internacionales que enfrentó el segundo gobierno de Bachelet no fueron tan malas, como muchas veces los muchos ministros de Hacienda de dicho gobierno anunciaban. Por otro lado, estas no son tan buenas como querría el gobierno actual. Sin embargo, estas son condiciones internacionales buenas, que nos deberían permitir tener buen viento de cola para crecer y hacer reformas razonables.

En los últimos 4 años, la inversión se ha derrumbado como porcentaje PIB y en términos de volumen. Un gran reto para retomar el crecimiento es que la inversión vuelva a aumentar.

Falta abordar 6 enormes retos para volver a crecer en forma intensa y, al mismo tiempo, marcando nuevamente una senda hacia el desarrollo integral, con menor pobreza, acabar con la pobreza extrema y con mejorías continuas, aunque graduales en distribución del ingreso.

1. Un ajuste fiscal hacia un balance 0 en 2025, que es básicamente lo que anunciaba el Ministro de Hacienda hace un mes y medio atrás.
2. Eliminar las trabas hacia la inversión privada; desde los tramites medio ambientales hasta la oposición de las comunidades locales, la forma irracional de la secuencia para permitir la aprobación en diferentes instancias, como fue el caso de Dominga.
3. Un sistema tributario de frontera mundial. El sistema tributario chileno no era malo, pero fue empeorado significativamente en los años 2014 y 2015, por los ministros de Hacienda Arenas y Valdés. Hoy en día, tenemos un sistema tributario mediocre y extremadamente costoso para Pyme más pequeña hasta la empresa más grande.
4. Reformas laborales y educativas, proflexibilidad, capacitación, productividad, adaptabilidad y empleabilidad laboral. Especialmente de cara a esta revolución industrial 4.0 que va a destruir mucho empleo convencional actual.
5. Reformas profundas del Estado, en sus agencias y sus empresas. El Estado es el agente más ineficiente. Es un empleador de personas de último recurso, muchas veces, y donde el empleo es muchas veces por motivación política y/o afiliación partidista del individuo, que pesan más que sus conocimientos o capacidades.
6. Reforma de pensiones. Debe haber más pilar contributivo, y eso es subir la tasa de cotización del 10% al 13%, o lo que sea necesario. La OECD tiene un promedio de 19% de cotización mientras que nosotros tenemos un 10%.

Existen dos escenarios de crecimiento, representadas en la Figura 21.

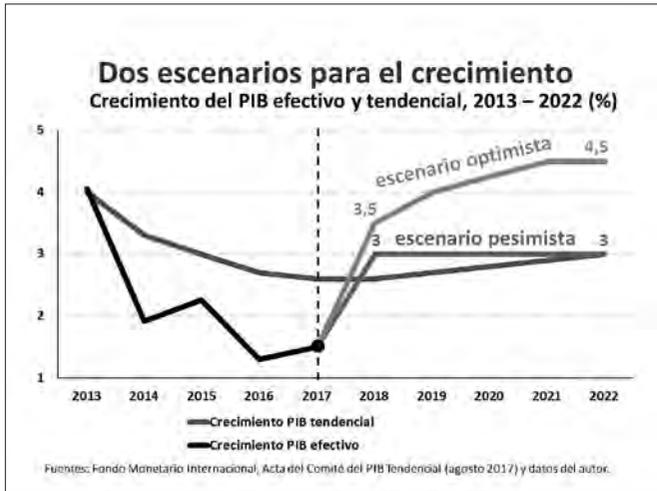


Figura 21

La línea quebrada de más abajo es lo que hicimos en Chile los últimos 4 años. La línea de arriba es el crecimiento del PIB tendencial estimado año por año por los Comités del PIB, el cual se fue ajustando año a año para abajo cayendo de un 4% a un 2,5%.

Un escenario pesimista, supone que se nos viene abajo el mundo en materia de crecimiento, entre los años 2019 y 2022, y sin mayores reformas del gobierno porque no tiene la mayoría en el congreso o no hay voluntad política. El escenario optimista supone que se hacen todas las reformas necesarias para hacer que este país lentamente vuelva a crecer un 4,5% anual. Y si se nos cae el mundo, por supuesto también cae Chile, ojalá con una recesión no más intensa que el 2009.

A largo plazo, el gran reto de Chile es volver a la senda del desarrollo virtuoso. ¿Qué es virtuoso en este caso? Hacer las cosas bien para crecer fuerte, eliminar la pobreza y mejorar la distribución del ingreso. Por supuesto, existen otras dimensiones de una sociedad encaminada hacia la estabilidad y hacia la felicidad de sus habitantes.

La Figura 22 muestra el PIB por habitante y la distribución del ingreso medido por el índice Gini. Esta figura muestra las trayectorias dinámicas: ¿cómo han avanzado o retrocedido tres países, un grupo países y dos países?

Los países *top 10* crecieron desde unos 40 mil dólares per cápita hasta 55 mil dólares per cápita (en dólares del año 2017). Sin embargo, estos 10 países más virtuosos del mundo partieron con una distribución de ingreso extraordinariamente favorable, de un Gini de 24 y que se les echó a perder y llegó a un 29 el 2017.



Figura 22

¿Cuáles son los países *top 10*? Son los países que lo hacen bien en toda dimensión o casi toda dimensión de la vida de sus habitantes. Estos son: Suecia, Noruega, Dinamarca, Holanda, Alemania, Canadá, Finlandia, Islandia, Australia y Nueva Zelanda.

¿Por qué empeoraron la distribución del ingreso? Por la competencia de sus manufacturas que se abre con la incorporación de Asia, especialmente de China, al comercio mundial y por tanto muchos trabajadores pierden sus trabajos y caen sus ingresos. Al mismo tiempo la enorme revolución en innovación genera millonarios y eso concentra el ingreso también.

Por otro lado, China ha sostenido un crecimiento anual del PIB per cápita en torno al 7%. Lo interesante, y la ironía de que este régimen totalitario, marxista, maoísta, dirigido por el partido comunista de China, es que esta es la experiencia más concentradora de ingreso de toda la historia de la humanidad. Ningún otro país logró concentrar el ingreso tan rápidamente como China, cayendo de un Gini de 24 a 47 en 32 años.

Por último, Chile no lo ha hecho nada de mal con una tasa de crecimiento del PIB per cápita en torno a un 4% y un Gini que cae significativamente, de 54 hasta 48, entre los años 1987 a 2013.

¿Qué ocurrió entre los años 2013 y 2017? No se nota, es un vector de extensión casi 0, en donde el avance en términos de PIB per cápita y distribución de ingreso fue casi 0.

¿Qué podría pasar entre los años 2018 y 2026? Si el PIB per cápita crece en torno a un 3,2%, los niveles de pobreza y la distribución de ingreso deberían mejorar gradualmente, así

como lo hemos hecho en los últimos 30 años. Y si ese ritmo sigue en el futuro, podríamos terminar hacia el año 2050 con un nivel de PIB per cápita, en torno a los 80 mil dólares.

### III. Conclusiones

1. El escenario base de la economía mundial es favorable, pero los riesgos adversos se han incrementado.
2. Respecto a la economía chilena, tenemos un escenario político, económico y social más favorable que el año pasado, pero los riesgos y retos para retomar una senda de desarrollo virtuoso son gigantes.

Existen desafíos de políticas públicas, de buscar consenso político para empujar reformas pro crecimiento, pro desarrollo inclusivo y pro desarrollo. Esos retos son enormes y tenemos que enfrentarlo entre todos, y no me cabe la menor duda que el Instituto de Ingenieros de Chile va a ser un aporte, como siempre, muy importante en esa dirección.

Muchas gracias.

(Aplausos).

*Al término de su Conferencia, el Sr. Schmidt-Hebbel respondió consultas y comentarios de los asistentes. A continuación, reproducimos lo más relevante de estas intervenciones.*

#### Sr. Álvaro Fischer:

*—Respecto de la guerra comercial, está en discusión si la política de Trump es una estrategia negociadora y que por lo tanto puede perdurar el tiempo, porque el considera que están en mejor condición para llevar a cabo esa estrategia que sus adversarios. O sí, como se supo hoy día, que se habían desplomado los precios de las acciones de las compañías automovilísticas por las malas perspectivas que tenía el aumento del precio del acero y el aluminio para su fabricación y para su precio final y, por lo tanto, se le debería haber dificultado seguir con esta estrategia negociadora, porque los efectos contrarios en su propia economía se podrían manifestar en un problema político que enfrentar en la elección que viene. ¿Cómo ves este tema coyuntural?*

#### Sr. Schmidt-Hebbel:

*—Álvaro, creo que es la pregunta del día en la guerra comercial, y he visto varias de ellas y muy divergentes en *The Economist* y en *The Financial Times*.*

Creo que el diagnóstico de Trump es el correcto, en cuanto a que China efectivamente ha violado, desde la primera inversión que llegó a ese país hasta casi todas las inversiones más recientes, el derecho de propiedad intelectual privada a través de múltiples mecanismos.

El mecanismo más obvio, me lo contó un gerente de Mercedes Benz de Stuttgart. Él fue a inaugurar una planta en las afueras de Shanghái de camiones Mercedes, pero tenía que hacer un *joint venture* con los chinos. Así fue, Mercedes Benz (empresa China), para producir camiones Mercedes. Al año siguiente volvió a ver la planta y vio una casi idéntica al frente. Una Compañía China de camiones que producía bajo tecnología completamente robada del *joint venture*, un camión que costaba 50% el precio del Mercedes. Y con eso competía en China y el resto del mundo. Y eso lo han replicado los chinos en forma sistemática con todo. Eso es inaceptable, en un principio eso viola ley del *copyright* y por supuesto es dañino. A pesar de lo anterior, Occidente invierte sabiendo que eso le va a pasar.

El error de Trump después de ese diagnóstico es que creo que emplea el instrumento equivocado para tratar de obligar a los chinos a reducir al menos este robo masivo de propiedad intelectual. Esto se debe a los daños que genera en el crecimiento de EE.UU., China y los coletazos indirectos de la cadena de valor.

Y el instrumento a utilizar es algún acuerdo internacional de países afectados por esto, a través de algún tipo de organización internacional, sea el CIADI o la OMC en Ginebra, para presionar colectivamente y no solamente desde EE.UU. que pesa hoy día, con el 16% del PIB, cada día menos.

En resumen, yo creo que el diagnóstico es correcto, pero la medida que está impulsando es totalmente errónea y populista porque responde a las demandas de los trabajadores, como ejemplo, de las empresas de automóviles que han despedido a miles de trabajadores en Detroit. Y ahí está su base de votantes y el 45% del poder político que hoy día tiene.

#### Pregunta:

*—Muchas gracias por la presentación. Mencionó las reformas del estado profundas que se necesitan. En lo personal, soy economista y tengo la convicción de que los funcionarios públicos podemos serlo por vocación, entonces, quería saber cuáles son sus propuestas más concretamente en materia de reforma del Estado, considerando que los desafíos tanto externos como de los propios gobiernos, cualquiera sea el régimen de gobierno, tienen que contar, tanto la empresa privada como con funcionarios públicos muy comprometidos.*

**Sr. Schmidt-Hebbel:**

—En primer lugar, comparto plenamente tu diagnóstico y análisis de que un Estado musculoso, eficiente, con funcionarios públicos comprometidos y bien seleccionados en forma competitiva, es esencial para el desarrollo. Si no tenemos un Estado musculoso y fuerte desde lo regulatorio y en fiscalización, tanto de la actividad privada en la creación de bienes públicos y la oferta de bienes públicos de alta calidad, no tenemos desarrollo.

Habiendo dicho eso, creo que cualquier medida del Estado que uno vaya a aplicar en términos de dotación de personal, de remuneraciones, entre otros, debe primero reconocerse que tenemos un problema de baja productividad y dada esa baja productividad, las remuneraciones en promedio son relativamente altas en comparación con sus pares del sector privado calificados en forma parecida.

Vi una tesis que analizó la diferencia de sueldos y salarios del sector público con personas comparables del sector privado, controlando por un gran número de variables, como la edad de la persona, la calificación correspondiente, entre otras. Lo que encuentra es que hay una buena brecha positiva a favor del sueldo del funcionario público.

Y cuando hablo de buena brecha, estoy hablando de 10% a 25%. Además, esta brecha no está explicada por mayor calificación o experiencia ni más años de trabajo del funcionario público comparado con el funcionario privado. Esto indica condiciones no competitivas en cuanto a contratación y en cuanto a beneficios del funcionario público.

Habiendo dicho eso estimo que hay una heterogeneidad enorme dentro del sector público. Creo que hay servicios y empresas públicos que funcionan muy bien, pero son las menos. Y creo que hay muchas que no funcionan bien y donde hay exceso de dotación y relativamente baja productividad, entonces el reto es enorme.

Al mismo tiempo, estamos en la cuarta revolución industrial y por lo tanto los retos de digitalización son enormes. Hay muchas labores de funcionarios públicos medios que son hoy en día perfectamente reemplazables por un programa, un teléfono con inteligencia artificial y que responda al usuario correspondiente, etc. Habrá simplificación de trámites, lo cual va a colocar una enorme presión al empleo tanto privado como público y por tanto habrá una reducción enorme de personal. Ahora, por otra parte, ojalá que esto se pueda hacer en forma

colaborativa entre la ANEF y los funcionarios públicos y el gobierno de turno. Eso es difícil específicamente si hay diferencias políticas más o menos importantes.

Hay un montón de otras aristas, por ejemplo, simplificar trámites ciertamente implica una reingeniería a toda la permisología imperante en el país. Desde la panadería en La Pintana que quiere expandirse, que necesita 23 permisos públicos distintos, hasta una empresa grande, como el proyecto MAPA (Modernización y Ampliación de la Planta Arauco) de 2.350 millones de dólares, que acaba de ser aprobado aparentemente y se está empezando. Requiere una permisología que es insólita e irracional y la secuencia que se exige en Chile en comparación con los otros países de la OECD es simplemente idiota.

**Sr. Javier Etcheberry:**

—*Quiero hacer un comentario. Cuando tú propones como medidas de lo que había que hacer en Chile, señalas, hacer las cosas bien y las posibilidades que tendríamos al cumplir con este supuesto.*

*Pero en tu lista, echo de menos el tema de la innovación y la mayor competencia tampoco está puesto. Das una serie de cifras y proyectas lo de los robots, la inteligencia artificial, etc., cosa que yo comparto, porque es una realidad. Pero en Chile y muchos mercados hay dos o tres empresas que los controlan, porque la economía es chica, porque las autoridades se hacen las lesas, prefieren mantener el statu quo, por muchas razones.*

*Pero eso no en todas partes es así, ni en todos los sectores. En el sector, por ejemplo, de las telecomunicaciones, ha habido un esfuerzo de varias administraciones para que exista innovación y competencia. Pero eso no sucede en otros mercados y para que logremos que tus gráficos sean tan positivos como lo que tú pones para Chile los próximos años, yo creo que es fundamental poner el énfasis en que las autoridades se preocupen de verdad que haya competencia en todos los mercados y eso no es solo por la existencia del Tribunal de Libre Competencia. Éstas, en vez de favorecer la competencia, muchas veces mantienen el poder de los incumbentes. Entonces, si queremos no solo adaptarnos a los robots que vienen, como la inteligencia artificial, sino que queremos mejorar en productividad, nosotros tenemos que empezar a producir robots, a manejar la inteligencia artificial, porque ¿de qué otra manera podemos lograr volver a tasas de crecimiento alta y productividad alta si es que no estamos haciendo un esfuerzo importante por innovar?*

**Sr. Schmidt-Hebbel:**

—Estoy plenamente de acuerdo contigo. Y a modo de excusa déjame decirte una cosa. Mi lista de 6 tareas es subjetiva y totalmente incompleta. No solamente omito el tema de competencia, innovación y emprendimiento, sino que, muy importante, la educación técnica. Y ustedes como ingenieros son los que más han sufrido en su vida personal porque no hay técnicos bien preparados en Chile, al menos en muchos sectores en los cuales les toca trabajar a diario.

Nuestra Educación Técnica es una vergüenza para un país de ingreso medio alto como es Chile y detrás de eso está la falta de investigación, desarrollo e innovación.

Como resultado de lo anterior es que la productividad a nivel promedio agregado en Chile está estancada desde el año 1998 hasta hoy en día. Hay retos mayúsculos en eso, y a lo anterior se agrega el tema de competencia de aquellos sectores que no compiten o no exportan productos o no importan, sino que proveen servicios, como telecomunicaciones y otros, donde nos faltan mayores niveles de competencia.

Si embargo, hay luces. Alguna de esas luces ha sido la legislación que se cambió bajo la segunda presidencia de Michel Bachelet, con nuevas leyes pro competencia, que refuerzan el rol a su vez de los tribunales y de la fiscalía, el TLC y la otra instancia que vela por la competencia.

Entonces veo luces por parte de las autoridades actuales y previas, que han anunciado, por ejemplo, una mayor libertad en capacidad de entradas hacia sectores que estaban más protegidos. Para el transporte interno hay una iniciativa legal a favor del cabotaje marítimo en Chile que es un sector bastante monopolístico hasta la fecha. Y así hay iniciativas que creo que en la medida que se continúe un programa pro competencia, soy más optimista.

**Sr. Felipe Sabando:**

—Buenas tardes profesor, tengo una consulta respecto a los riesgos de largo plazo que usted señalaba, me da la sensación que quedó con un sesgo de futuro respecto del primer problema que mencionaba como la cuarta revolución industrial, sin embargo, los otros dos problemas tienen más bien un sesgo de pasado. Tenemos un problema de cambio climático, de extinción masiva de especies que viene ocurriendo hace décadas y miles de años, respectivamente. Entonces en el entendido que bien o mal está

hoy la discusión acerca de dos leyes, una “Marco para cambio climático” y otra para promover definitivamente el “Servicio de Biodiversidad”, la pregunta es: ¿cómo el sector privado se puede hacer cargo de esta clase de temáticas que no son ni conocidas ni particularmente propias de su desempeño, si eso es factible de internalizar o bien, ¿Cual es la perspectiva que usted le está dando a ese riesgo?

**Sr. Schmidt-Hebbel:**

—Creo que el mayor riesgo en los dos que están íntimamente asociados es la supervivencia que enfrenta la humanidad para 50 a 200 años adelante. Ciertamente no se puede atacar a nivel de un país pequeño, el último del planeta, como el nuestro, que pondera un bajo porcentaje del PIB mundial. Este es un tema global y el acuerdo de París creo que fue un avance en materia de cambio climático.

Lamentablemente se bajó el Sr. Trump, que acostumbra a bajarse de todo aquello que huelva a iniciativa internacional. Espero que el sucesor de Trump, vuelva al acuerdo de París.

Requerimos, por tanto, básicamente para cuidar nuestra casa como una globalidad, acuerdos globales y por supuesto implementarlos.

Chile a nivel local puede tomar alguna iniciativa puntual, que no va a contribuir ni a cambiar la perspectiva para el planeta. Pero en términos de nuestra localidad puede hacer una diferencia. Creo que alguna iniciativa como la ley de las bolsas plásticas, la ampliación de los parques nacionales marinos, el involucramiento de muchas organizaciones privadas para generar aportes o involucrarse en la replantación al menos parcial con especies nativas de las 500 mil hectáreas quemadas después de los incendios de hace 2 años atrás, ente otras. Si uno va sumando y agregando otras iniciativas, ustedes querrían estar involucrados.

Estimo que eso muestra una buena señal, al menos a nivel local. Estas son algunas iniciativas que, aunque sean gotitas, van sumando y preparando mejor a Chile para el cambio climático. Sin embargo, es poco lo que se pudo hacer en frente a la elevación de las temperaturas a nivel global y la desaparición de especies en forma masiva producto del calentamiento global.

(Aplausos).

**Fin de la Conferencia.**

# LA NUEVAS PERSPECTIVAS PARA TRANSANTIAGO

*Conferencia de la  
Sra. Gloria Hutt, Ministra de  
Transportes y Telecomunicaciones*



*Sra. Gloria Hutt, durante su exposición.*

*El día jueves 28 de junio de 2018, en el Club de la Unión y ante una concurrida asistencia de personalidades del ámbito público y privado, se realizó la conferencia de la Sra. Gloria Hutt, Ministra de Transportes y Telecomunicaciones, quien expuso sobre el tema: “Nuevas Perspectivas para Transantiago”.*

*La Sra. Hutt es Ingeniero Civil de la Pontificia Universidad Católica de Chile. Profesora del Magister de Políticas Públicas de la Facultad de Economía y Negocios de la Universidad de Chile. Certificada en los Programas de Administración de Negocios y Finanzas Internacionales por la Universidad de Georgetown, EE.UU.*

*Especialista durante 12 años, en Steer Davies Gleave, Consultora británica en transporte, fue Socia y Directora Regional para Chile, Colombia, Puerto Rico, Brasil y México.*

*Fue Subsecretaria de Transportes entre 2010 y 2014, donde se coordina la Política Nacional de Transportes y se elaboran los Planes Maestros para el transporte público, el sistema portuario y el sistema ferroviario.*

*Fue Miembro del Consejo de Políticas de Infraestructura hasta incorporarse al actual Gobierno.*

*El Instituto de Ingenieros de Chile en el año 2010 le otorgó el Premio “Justicia Acuña Mena”, que destaca a aquella mujer Ingeniera Civil, que se destaca en el ejercicio de la profesión.*

**Ministra Sra. Gloria Hutt:**

—Quiero agradecer especialmente que me hayan invitado a este foro y tengo que decir que me pone un poco nerviosa porque, donde miro, veo próceres de la ingeniería y personas muy destacadas en sus ámbitos. Sé la capacidad crítica que tienen, así que espero poder satisfacer las expectativas respecto del contenido de mi exposición. Muchas gracias también al Instituto de Ingenieros por el premio Justicia Acuña, que me enorgullece mucho haber recibido.

Me invitaron a conversar sobre las perspectivas del Transantiago y lo que preparé fue esta presentación que tiene un recuento de lo que ha pasado en el Sistema, porque ha sido un poco turbulento este año. También me interesa mostrar el plan que tenemos por delante, que es lo más relevante en este momento.

A su vez, me pareció necesario incluir también una visión del transporte metropolitano, la visión que nos inspira. No es solo resolver el problema funcional de desplazar personas de un lugar a otro, sino el tipo de ciudad que queremos construir mediante soluciones de transporte y después algunos elementos del nuevo diseño.

Como recuento (Figura 1), esta gráfica muestra la evolución del desarrollo de las bases y el proceso de licitación.

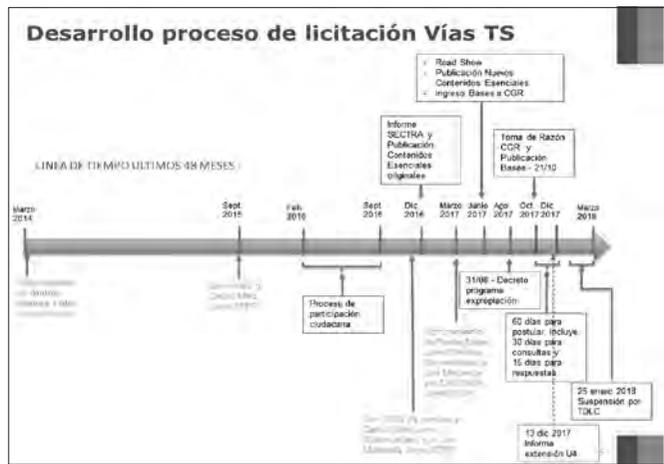


Figura 1

Si ustedes recuerdan, había un proceso de licitación en curso desde octubre del año pasado y se pidieron bases en diciembre. Realmente hubo un esfuerzo muy grande por recuperar tiempo perdido. Cuando uno mira la gráfica, se observa que hay un período bastante largo en que no pasó mucho, y creo que parte de los problemas tienen que ver con eso: con haber

hecho un esfuerzo grande por resolver un problema, pero, cuando el tiempo disponible para una cosa tan compleja es insuficiente, se genera una dificultad.

En octubre se publicaron las bases y en diciembre se presentaron ofertas, con un plazo muy corto para presentar dichas ofertas. Efectivamente, entre las respuestas a las consultas y la presentación de las ofertas, pasaron 15 días.

La licitación incluía las unidades de negocios y en la gráfica se observa su trazado. Algunas de ellas ya existían y se mantenían tal como estaban, mientras que otras se subdividían para conformar unidades más pequeñas. Eso me parece que es una decisión correcta.

Un problema que tiene el sistema actualmente es el tamaño de las unidades y, como gestor del sistema, el Ministerio pierde la capacidad de control.

Cuando un operador tiene 1.000 buses, casi 3 mil conductores y es propietario de los terminales, además de los buses, se transforma prácticamente en intocable. Porque, aunque no dé un buen servicio, no hay cómo reemplazarlo. Uno podría sustituir una proporción de los buses, pero mil nunca. No se tiene la posibilidad de tener esa cantidad como reserva. Ese diseño obliga a una relación con los operadores que ha estado siempre más basada en la tensión que en la colaboración y creo que es parte de los problemas del Transantiago y que estamos tratando de resolver.

En este proceso se presentaron los que ya estaban operando (Figura 2): Metbus, STP, Redbus y Vule. Además, se presentaron 2 consorcios nuevos: Tower Transit (inglés) y Nexbus (compuesto por capitales del Grupo 10 de Tur Bus con Alza, de capitales españoles).



Figura 2

Así, había ofertas suficientes para cubrir las unidades, pero había dos al menos que quedaron sin competencia, de manera que no había cómo hacer un concurso que fuera favorable.

El Sistema de Transportes de Santiago tiene dos grupos de licitación (Figura 3). Uno, que corresponde a los sistemas de operación (buses principalmente), y otro, a los servicios complementarios. Estos incluyen lo que está descrito y que es toda la tecnología que administra Sonda, el administrador financiero, la red de carga que administra Metro, y los validadores y torniquetes de Metro, administrados por INDRA. Son cuatro contratos que tienen la mayor importancia porque permite, por ejemplo, flexibilizar tarifas, segmentar o hacer programas de pago, cosas que hasta ahora no se pueden hacer.



Figura 3

Esto también tenía un problema en términos de cronograma porque, para preparar las ofertas, uno tiene que tener claridad sobre todos los costos con los que va a operar y parte de los ellos es la contratación de estos servicios. Pero ellos no estaban licitados. Así que hubo un elemento de incertidumbre, derivado de este cronograma, y el día 9 de marzo del 2018 se ingresó a la Contraloría General de la República un documento con una descripción de los contenidos de estos servicios. La licitación de servicios complementarios la haremos el próximo año. Con la carga que tenemos este año, no tenemos ninguna posibilidad de adelantarla y eso, les voy a mostrar más adelante, implica una serie de complicaciones para el sistema que vamos a tener que discutir.

El 13 de marzo ocurrió un hecho importante (Figura 4). Había siete ofertas técnicas abiertas para la calificación técnica, pero estaban cerrados los sobres económicos.

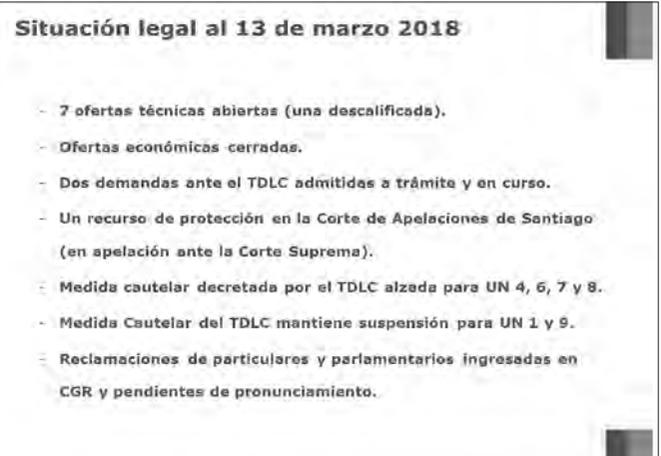


Figura 4

En este gráfico (Figura 5), aparece una fecha, 21 de diciembre, y después el 27 de diciembre, que es cuando se presentaron las ofertas. Pero el 21 de diciembre, hubo una presentación de un potencial operador al Tribunal de Defensa de Libre Competencia.



Figura 5

Después, en enero de 2018, se presentaron otros dos recursos que son los que están marcados con las cruces. Eso generó dos demandas contra el Estado por no respetar la igualdad de condiciones en la selección de los oferentes.

La demanda 1 tenía como argumento que había una tabla que no permitía igualdad de condiciones, especialmente a aquellos que no eran parte del sistema. La demanda 2 apuntaba a esa misma tabla, pero incluía el hecho de que había potencialmente partes relacionadas entre quienes estaban presentando las ofertas.

El 25 de febrero, el Tribunal de Defensa de Libre Competencia declaró que acoge a trámite esas dos demandas, porque considera que hay fundamento suficiente para, al menos, analizarlas.

Y el día 13 de marzo emitió dos resoluciones. En una de ellas, al acoger las demandas, suspende el proceso. En el intertanto, el 11 de marzo cambió el Gobierno por lo que, entre ambas fechas, es cuando se generó esta situación.

El 13 de marzo el Tribunal emitió dos resoluciones, levanta la suspensión para una de las demandas en todas las unidades, pero lo hace solo parcialmente en la otra demanda. Y esto generó una complicación adicional, porque se podía ofertar a más de una unidad y en dos casos había ofertas presentadas a una unidad suspendida y a otra no. Ello nos impedía actuar sobre el sistema. Nos quedaban libres solamente 3 Unidades, para las cuales en 2 de ellas solo había una oferta. Entonces se reducía la competencia a una unidad.

Ese fue un problema, pero, además, revisando los términos de referencia y lo que había aprobado la Contraloría, el diseño establecía que había que adjudicar todo o nada. Y no podíamos adjudicar por la suspensión que hasta ahora está vigente. En una de las demandas, ya se llegó a un acuerdo y se retiró; pero en la otra, todavía se está en conversaciones.

Eso nos llevó a una complejidad legal importante, porque había que decidir qué camino tomar. Una opción era esperar que terminaran de resolverse las demandas y, en promedio, el Tribunal de Defensa de Libre Competencia se demora entre un año y un año dos meses para emitir su resolución. Y dentro de ese plazo, vence la vida útil de al menos 700 buses del sistema. Es decir, no era viable esperar más de un año por este motivo.

La otra alternativa era tomar las bases, presentarlas nuevamente a Contraloría para que liberara este todo o nada, y que pudiéramos adjudicar parcialidades. Esto tenía dos problemas: el plazo incierto y también el hecho que, al adjudicar parcialidades, no se resuelve la renovación que el sistema necesita y volveríamos a toparnos con el plazo de vida útil de los buses, que vence este año.

Y el tercer camino, que es el que tomamos, era declarar desierta la licitación, dado que no habíamos abierto las ofertas económicas, y retomar el proceso en un punto en que pudiéramos corregir las observaciones del Tribunal de Defensa de Libre Competencia. Aquí se abrió, inesperadamente para mí, la posibilidad de incorporar otros cambios, que son los que voy a contar un poco más adelante.

Cuando llegué al Ministerio, traía mi plan de respetar este proceso como venía y adjudicar, si es que ya estaba todo listo, y empezar a negociar porque, a mi juicio el modelo de negocio que formalizaba esta licitación era bastante parecido a lo que ha estado vigente durante los últimos 10 años y estimamos que arrastraba varios de los problemas que necesitamos corregir.

Entonces, vistos todos los antecedentes, decidimos declarar desierta la licitación. Al declararlo así, devolvimos las ofertas.

Pasaron unos días, pero tengo que decir, y esto es una infidencia, para mí era una pesadilla este proceso. No dormía en la noche pensando que iban a entrar a robar al Ministerio, se iban a llevar las ofertas económicas y, con eso, mi plan se iba al tacho completamente. Pero todo fluyó y el proceso se hizo como corresponde, se devolvieron las ofertas a los proponentes y partimos de nuevo, tomando los elementos de la licitación que ya estaban bastante maduros. Hay varios elementos como fórmulas de pagos, por ejemplo, la consulta pública, las definiciones de las unidades, que estaban bastante avanzados, y eso es una ventaja, sólo que nosotros estamos proponiendo un cambio al sistema.

Esta oportunidad que se abrió incluye, por ejemplo, cosas bien importantes. Como decía en el esquema anterior, y que más o menos se repetía en estas bases, se establece la exclusividad de un operador en una zona geográfica por un plazo de 10 años. Y en esos 10 años, sólo se pueden discutir las condiciones si es que hay cambios estructurales en el sistema, como nuevas líneas de Metro.

Pero, a mi juicio, tal como se observa en la realidad, las ciudades son mucho más dinámicas que eso. No solo se mueven porque hay nuevas líneas de Metro. Un proyecto inmobiliario, por ejemplo, puede requerir cambios rápidos. Y como esto no lo permitía, se nos estaba estableciendo una rigidez que haría muy difícil acompañar la dinámica de la ciudad.

Por otro lado, tener juntos el contrato de operación y los activos, vuelve a dejar al Estado bastante capturado por el operador. Entonces, si nosotros lográbamos separar la operación de los activos, achicamos las unidades y acortamos los plazos, los operadores tendrían que cumplir índices de calidad. Si no lo logra, es fácilmente reemplazable porque los buses y los terminales están en manos del sistema. De este modo, el operador devuelve el contrato de operación, entra un nuevo operador y los buses siguen operando y funcionando normalmente.

Ese es un esquema bastante más ágil y flexible (Figura 6), y que está operando en varias partes del mundo, específicamente en Londres, donde lo he visto funcionar mejor. No es una exclusividad

por área geográfica. Se trata de grupos de recorridos, de manera que uno puede aumentar y disminuir los recorridos según vaya cambiando la ciudad, de una forma mucho más flexible.

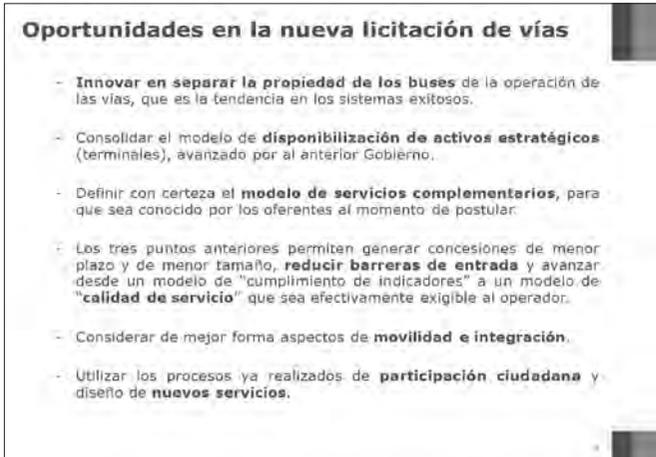


Figura 6

Eso fue lo que discutimos con el Presidente Sebastián Piñera y él decidió finalmente que fuéramos por ese camino, que es el que estamos tratando de llevar adelante.

Los activos estratégicos, entonces, quedan en manos del Gobierno. En eso había avanzado el Gobierno anterior haciendo algunas expropiaciones. De este modo se corrigen las barreras de entrada que criticó el Tribunal de Defensa de Libre Competencia.

Tenemos que definir alguna referencia mejor sobre los Servicios Complementarios de manera que, cuando se presenten las ofertas, los operadores al menos tengan una referencia de costos, de cuánto va a significar su contribución al sistema de pagos.

Lo que estamos haciendo es apuntar a concesiones más cortas y separar la provisión de flota en una concesión, que es un leasing, y que puede tener un plazo mucho más largo dado que son inversiones mayores. Pero la concesión de operación, por ejemplo, puede ser a 5 años, extensible a 7 o incluso por otros 5 años, mientras la concesión de buses puede ir por su camino. Si uno amarra las dos cosas, que es lo que vemos ahora, los buses llegan al término de su vida útil muriendo en la calle, literalmente. Ello se debe a las condiciones del contrato.

Reducimos las barreras de entrada y, algo que es un sueño para mí, es poder administrar por calidad de servicio y no por control de déficit que ha sido una constante en la administración del Transantiago.

Tenemos que considerar mucho más la integración modal y es la oportunidad también al licitar los servicios complementarios. El gobierno anterior ingresó esta descripción también apuntando a la movilidad de la integración, algo que compartimos y acogimos.

Los Servicios Complementarios, que deben licitarse pronto (Figura 7), incluyen cambios muy importantes en la flexibilidad de medios de pago. Por ejemplo, poder pagar con el teléfono celular o con la tarjeta de crédito, reconocimiento biométrico y muchas cosas que ya están funcionando en el mundo. Eso será parte de la licitación de Servicios Complementarios y tenemos que ser muy abiertos y creativos para dejar que el sistema reaccione a los nuevos cambios tecnológicos. Puede ser que, de aquí a que lo tengamos implementado, haya otras tecnologías que todavía no conocemos y tenemos que contar con la suficiente flexibilidad para que haya un sistema de integración eficiente de todos estos módulos.



Figura 7

Quiero, antes de mostrar el nuevo diseño con un poco más de detalle, dar una visión de lo que vemos como desafío para el transporte metropolitano (Figura 8). Este es un gráfico de una consultora que se dedica a hacer análisis prospectivos donde están puestos los temas que, en el largo plazo, al año 2025, tienen un cierto grado de certeza (eje horizontal) y su impacto (eje vertical).

El tema de mayor certeza e impacto es la urbanización, la vida en ciudades.

Ayer, en una charla que me tocó dar en el Consejo de Política de Infraestructura, comentaba que es curioso, porque cuando uno levanta el tema de las ciudades, en general las personas

dicen, “que atroz vivir en la ciudad, me gustaría ir al campo, la congestión es insostenible, la ciudad ya no da para más”.



Figura 8

Sin embargo, la tendencia mundial es que todos vamos a seguir concentrándonos en ciudades, porque ofrecen muchas alternativas. Eso también implica que el espacio urbano empieza a ser más escaso y que las viviendas probablemente serán más pequeñas y el espacio público empezará a ser nuestro patio. Será un componente que va más allá de un espacio circunstancial de movimiento, será un espacio para aprovechar y disfrutar la ciudad, y ya existe una exigencia muy grande en esa dirección.

En el contexto nacional, vemos también algunos cambios que me parecen relevantes (Figura 9). Está el PIB per cápita (eje horizontal) y el índice de desarrollo humano (eje vertical). Allí se observa una curva en que los países crecen en el eje vertical primero y alrededor de 0,8 o del 80 de índice de desarrollo humano, giran y es un poco asintótico y los países van creciendo en ingreso, pero ya el Índice de Desarrollo Humano está alcanzado. Este crecimiento vertical lo que apunta es a tener cubierto lo básico: educación, salud, que los niños no mueran al nacer, viviendas con condiciones higiénicas necesarias y existencia de infraestructura básica.

Más o menos en los 20 mil dólares, se produce este giro y los países que se observan hacia la derecha son totalmente distintos de los que están antes de los 20 mil dólares. Ese giro es muy clave en lo que está pasando en Chile actualmente, porque el país que está en esta sección es totalmente distinto al que figura en ese otro grupo.

Cuando uno se pregunta por qué la gente es más exigente, creo que no es porque tengan más celulares, mejor comunicación

y puedan reclamar públicamente. Es por sus niveles de exigencia, porque los estándares a los que quieren funcionar en todos los ámbitos han cambiado. Y, desde el punto de vista comercial, el país al que las empresas le vendían en el primer grupo es completamente distinto del país al que le venden en el segundo grupo.



Figura 9

Creo que es un cambio muy fundamental, porque hace muy necesario que los elementos de calidad en las soluciones tengan un rol muy importante. No se trata solo de lo funcional, sino de algo que va mucho más allá. Y en esto, existen dos desafíos: hay que corregir desigualdades, porque éstos son promedios y obviamente tenemos una parte de la población que todavía es más equivalente al eje vertical, y además, debemos promover el desarrollo moviéndonos en el eje horizontal.

También nos enfrentamos a cambios demográficos. Aquí observamos la pirámide de población tomada de la oficina de censo de Estados Unidos en Chile el año 50 (Figura 10). Y me encanta cómo está proyectado que cambie.

En el gráfico superior, está la proyección de Chile al año 2020. Ustedes ven que la forma cambia completamente, que las personas viven mucho más. Al año 2050, miren cómo casi se invierte la pirámide. Tenemos mucha más gente de mayor edad.

Eso también obliga a que las soluciones sean distintas; las personas más activas, van a moverse mucho más, pero también las habrá con problemas de movilidad, algunos con dificultades visuales o con necesidades de apoyo distintos. De nuevo, la ciudad debe reaccionar a estos cambios rápidamente. Y no basta lo funcional.



Figura 10

¿Qué ha pasado en el mundo? (Figura 11). El área de estudio de Transportes de la OCDE hizo un análisis de las proyecciones del uso del auto y de distintos modos al año 2050. Lo que proyectan es un descenso del uso del auto del 63% el 2005 al 50% al 2050.

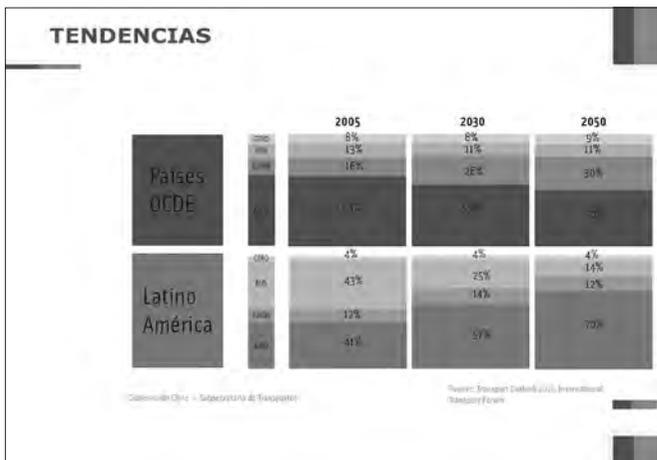


Figura 11

En América Latina, si se toman las proyecciones actuales y no se adoptan medidas, el uso del auto sube de 42% el 2005 a 70% al 2050. Y ahí sí que las ciudades se hacen insostenibles. Ese escenario está proyectado sobre la base de lo que está vigente actualmente como política de transporte en América Latina. Es decir, tenemos la obligación de movernos para controlar esa necesidad.

Y respecto a las inversiones en movilidad, vemos que no solo crece la población y se densifica la ciudad, también se invierte

más en movilidad (Figura 12), que cada vez empieza a ser una necesidad mayor.

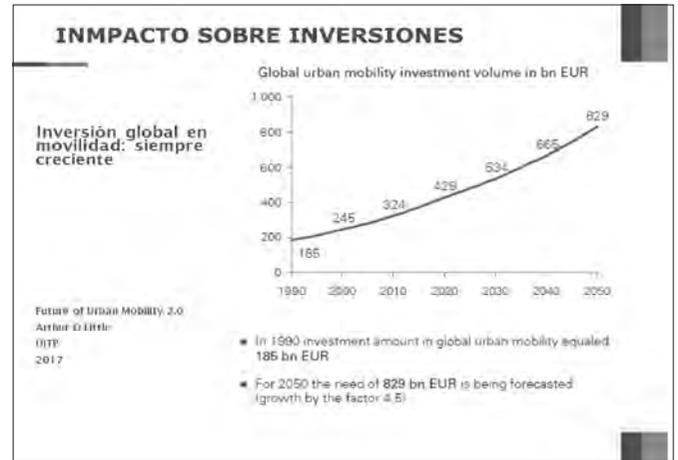


Figura 12

Eso nos configura un escenario en el que tenemos que preocuparnos de dar soluciones eficientes, de alto estándar y con elementos de bienestar e inversiones. Para eso, hemos definido prioridades en el programa de gobierno del Presidente Sebastián Piñera, porque el recurso vial empieza a ser escaso y el Estado tiene que asignar los recursos en base a prioridades.

La prioridad está en el transporte público, en el centro en superficie, y masivo en subterráneo (Figura 13). Se contempla espacio para los automóviles, pero controlado y probablemente tarifado, para justamente desincentivar el uso en las áreas y horas congestionadas. A su vez, un gran espacio para los modos no motorizados, ciclovías y peatones. Todo esto, por lo que decía al comienzo: hay que tratar de llegar a una ciudad que sea agradable de disfrutar en modo no motorizado.

Esta visión de ciudad me quedó muy reflejada en una foto que me mandó mi hija, que vive en Nueva York, con su marido y los tres niños (Figura 14). En esta foto, está Pedrito, de 8 años, jugando en el patio de una estación de metro, afuera de la Estación *Union Square*. Si ustedes se fijan, es como si estuvieran en el patio de la casa, se ve el espacio público compartido, la gente muy relajada e integrada, mucha diversidad y seguridad, se ve toda la gente circulando en un lugar que no les genera tensiones. Creo que esto es parte de la vida de las nuevas ciudades: poder disfrutar del espacio público como si fuera parte de la casa.

Con eso en mente, tenemos los principales elementos del nuevo diseño (Figura 15).

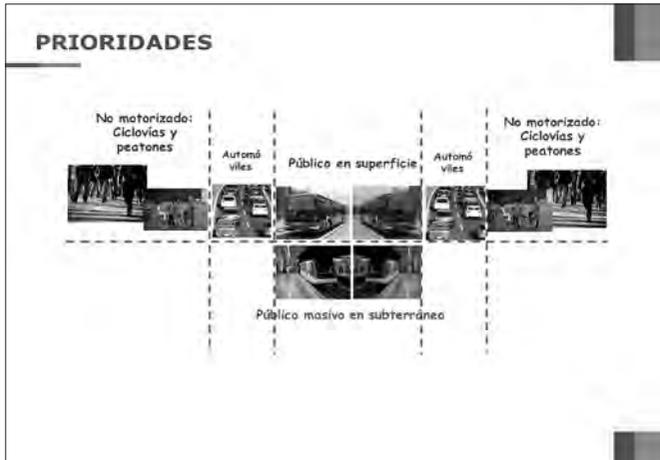


Figura 13



Figura 14

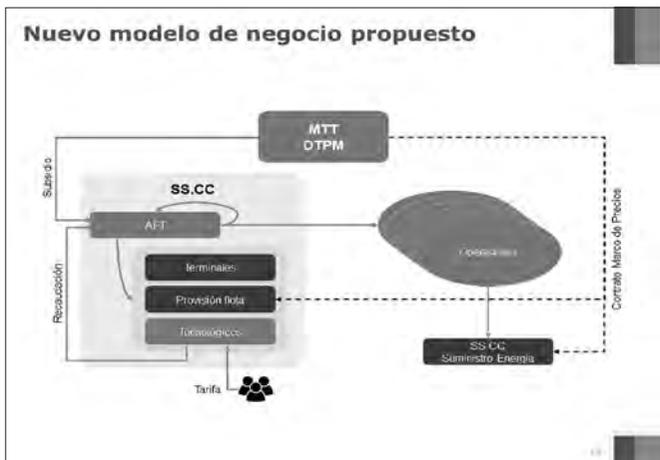


Figura 15

Primero, está el Ministerio de Transportes como autoridad sectorial, del cual depende la Dirección de Transporte Público Metropolitano, que es el gestor del Sistema de Transporte Público.

Y tiene dos grupos de concesiones.

Primero, los Servicios Complementarios (lado izquierdo de la lámina) con el administrador financiero –que recoge y administra la recaudación– y la provisión de Terminales de Flota y de Tecnología. Todo esto está en un bloque de contratos que permiten gestionar el sistema desde su soporte, más un panel de expertos que regula la tarifa.

Y en segundo lugar está la Licitación de Operación, que es la que nosotros estamos separando y que antes tenía incorporados los Terminales y la Flota en el otro bloque.

Nosotros creemos que, al separar estas partes, vamos a llegar a un mejor sistema que se pueda controlar. Y, además, estamos evaluando un Servicio Complementario para suministro de energía como lo hace el metro y que, en Transantiago, nunca se ha licitado. Esto podría aplicarse ahora que tendremos buses eléctricos.

Tenemos varias circunstancias que manejar entre el 2018 y 2019 (Figura 16). Empiezan a vencer los primeros contratos. En mayo pasado, se produjo el vencimiento de RedBus y STP, y lo extendimos por 18 meses, porque ahora tenemos que hacer calzar la nueva licitación. Los vencimientos de estos contratos, los sistemas complementarios y las nuevas licitaciones para los que vencen el 2019. Este es un cronograma que llega hasta 2020.

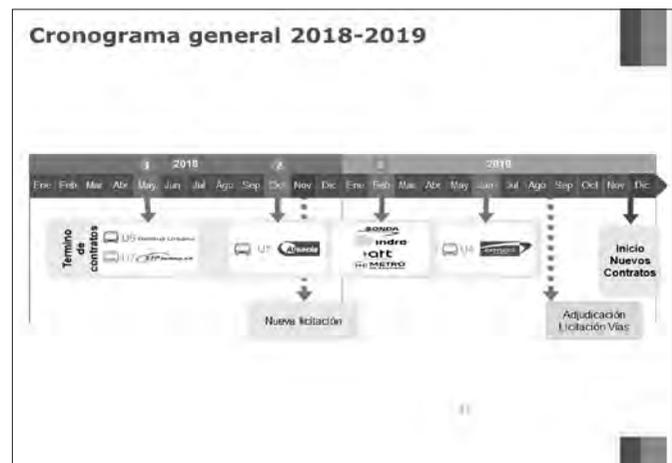


Figura 16

Los nuevos Servicios incorporan también mejoras, con elementos de calidad (Figura 17). Nosotros dijimos que queríamos incorporar flota eléctrica y en la licitación que venía en curso estaban pedidos buses eléctricos. Nos hemos encontrado con que las empresas eléctricas han sido tremendamente activas en incorporarse al sistema, y en el fondo, ganar el espacio para las redes de distribución. Eso significa que, en este momento, tenemos comprometidos 200 buses eléctricos que van a operar a fin de año. Con un diseño interior que incluye conectores USB para cargar celulares, aire acondicionado, asientos de un diseño y materiales diferentes. Tenemos 3 buses experimentales funcionando en este momento y ninguno de ellos tiene ni siquiera una raya. La gente los cuida y pagan más su pasaje. Tengo confianza en que la respuesta de las personas será positiva.



Figura 17

Tenemos también el diseño de las nuevas líneas de Metro (Figura 18). Y en ese marco, estamos proponiendo dos Líneas nuevas: 8 y 9. Además, está avanzando el desarrollo de la Línea 7 que va paralela a la 1. Y una de las cosas más importantes que veremos es cómo se configuran los viajes nuevamente.

A partir del evento del incendio que hubo en la Estación Tobalaba, quedó en evidencia que estos lugares tienen una gran concentración de personas. Y, mientras contemos con más líneas de metro que se cruzan entre sí, más puntos de potencial conflicto tendremos. Así que estamos trabajando en mantener protocolos más activos y de rápida reacción, porque esto será parte de la ciudad y tenemos que ser capaces de reaccionar ante las contingencias.

El Metrotren Nos, es parte del sistema y lo que nosotros estamos proponiendo es un Sistema de Transportes basado en rieles en

los ejes principales (Figura 19). Eso significa, principalmente, contar con una red integrada de metro y trenes de cercanía, con buses que operen como un gran complemento hacia las áreas que necesitan más capilaridad.



Figura 18



Figura 19

Y estamos también cambiando el método de medición de la evasión (Figura 20). Cuando empezamos a revisar las cifras, nos dimos cuenta que lo que estábamos midiendo no es comparable con lo que miden otros países. Lo que estamos midiendo actualmente, y que se ha medido históricamente, es la no validación en el componente bus. Pero, si uno toma el viaje completo, alguien podría haber validado en el metro y después se sube a un bus y no valida. Según nuestra medición, eso queda como un viaje evadido. Y no es así, porque se pagó en el modo anterior.



Figura 20

A partir de esto, ha surgido la idea de estructurar el cobro de manera distinta. Hay varios efectos que hemos visto en estos nuevos sistemas. Por ejemplo, en el tren a Nos, esperábamos que se traspasara mucha gente desde los buses, cosa que ocurrió. Pero ahora están volviendo a aumentar las transacciones en buses.

Y eso es porque la gente está tomando el bus por dos o tres cuadras, pues no tiene costo usar los dos modos (Figura 21). Entonces, tenemos que ver en qué forma también empezamos a cambiar la estructura de cobro de la tarifa y podemos hacer mucho más eficiente el uso del sistema. Además, debemos implementar también la Ley contra la evasión que debutó recientemente.

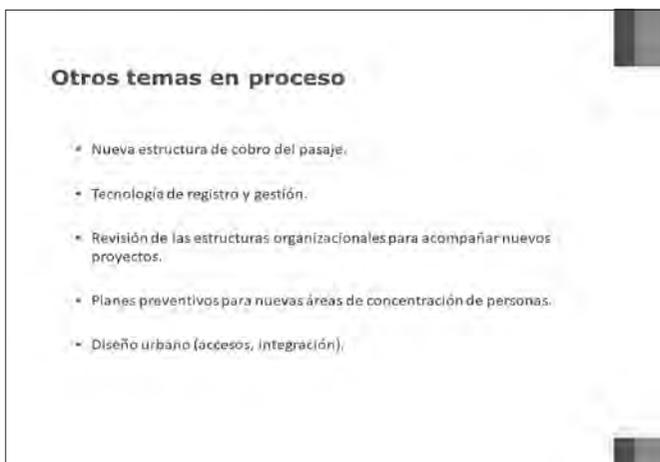


Figura 21

Por tanto, tenemos que trabajar en una nueva estructura de cobro del pasaje, en la tecnología de registro y la inteligencia de gestión.

A su vez, también debemos adaptar las estructuras organizacionales, pensando en que, por ejemplo, en el metro estamos duplicando la cantidad de kilómetros por año. Eso le pone una presión a la empresa Metro muy grande, como también al resto del Sistema.

Además, tenemos que hacer planes preventivos, de concentración de personas y desarrollo y diseño urbano, accesos e integración. Si en las Estaciones de tren, por ejemplo, tuviéramos rutas de acceso peatonal bien marcadas e iluminadas y ciclovías de acceso, podríamos evitar los viajes cortos que le cuestan al sistema y que, además, les haría bien a las personas pues caminarían en vez de tomar el bus. Allí tenemos un desafío muy grande que abordar.

Quisiera cerrar con este gráfico del año 1925, que me gusta mucho (Figura 22). Ellos dicen que en el año 1950 podríamos estar así. Se trata de una visión en Nueva York, donde dejan a los peatones en la superficie y todo el tráfico, incluso de camiones, ocurre en el subsuelo. Me encanta que haya ocurrido en ese año y que tenga una propuesta creativa, que va bastante en la línea de la solución que estamos buscando y que será, probablemente, el estándar mundial.



Figura 21

Muchas gracias y quedo disponible para consultas.

(Aplausos).

*Al término de su Conferencia, La Sra. Hutt respondió consultas y comentarios de los asistentes. A continuación, reproducimos lo más relevante de estas intervenciones.*

**Sr. Luis Nario:**

*—Quería hacer una primera consulta, a propósito de esta visión de la ciudad que Ud. nos menciona.*

*Efectivamente se está produciendo una concentración de la gente en las grandes urbes. Pero creo que también ha aparecido el gusto por vivir en ciudades que no sean tan grandes. Eso lo hemos visto aquí en Chile. Entonces, qué podría decirnos Ud. respecto a las inquietudes que tiene el Ministerio respecto a ciudades que no son Santiago.*

**Sra. Gloria Hutt:**

*—Eso es lo que a mí me gusta llamar la libertad de localización. Creo que uno debería elegir dónde vivir y que eso no significara que uno tiene limitado el acceso a conocimiento, cultura y salud, que es un poco lo que pasa también en los países menos desarrollados y que nos ha llevado a vivir en las ciudades más grandes.*

El Ministerio tiene planes regionales y comunales. Lo que estamos proponiendo es aplicar criterios de movilidad muy similares a los que se aplican en Santiago, porque los problemas y expectativas de las personas no cambian mucho. Uno siempre escucha que en regiones dicen “todo para Santiago y nada para regiones”. Es una crítica que es válida en muchos casos.

Hay varias herramientas con las cuales se puede cerrar un poco la brecha entre Santiago y regiones en esa dirección. Una, es la ley de aportes al espacio público, que generará recursos que pueden ser utilizados en mejoras de movilidad.

Y la otra, es fortalecer la capacidad en las propias regiones para resolver las necesidades locales de movilidad. Hay muchas ciudades intermedias que tienen las mismas necesidades y en ellas también el espacio vial empieza a ser escaso. Así que no aprecio una diferencia muy grande y los criterios deberían ser iguales en términos de la calidad. Es como comparar las comunas de mayor ingreso con las de menor ingreso. Hay una brecha que corregir, lo que tenemos que ver es cómo repartimos mejor los recursos.

**Sr. Cristián Barrientos:**

*—Respecto a los Servicios Complementarios y de las licitaciones que estaba mencionando para el próximo año. ¿Qué se puede esperar de cara a los requerimientos en Sistemas de Gestión del Transporte? Lo que hoy día tiene SONDA y todo lo que es equipamiento o tecnologías a bordo del bus. Entendiendo que también ha habido una evolución bien importante desde la licitación anterior a donde estamos hoy día.*

**Sra. Gloria Hutt:**

*—Contestaré en base con lo que a mí me encantaría que ocurriera. De eso, a lo que realmente ocurrirá, no sé cuánta es la distancia. Pero estoy empujando para que tengamos como eje una plataforma de integración y desagregar en parte estos contratos. No quiero que haya un proveedor que sea único y que uno no tenga la posibilidad de avanzar en algunos componentes más que en otros o cambiarlos. Me refiero, por ejemplo, a validadores o información. Si uno pudiera tener una Plataforma de Integración abierta, a la cual puedan incorporar distintos componentes, creo que el sistema también se hace más liviano y flexible. Creo que el Sistema y el diseño va a ir en esa dirección, en poder hacer licitaciones de provisión de distintos elementos integrables entre sí, a través de la información.*

**Sr. Luis Valenzuela:**

*—Buenas tardes, muchas gracias Ministra por su excelente presentación, dirijo el Centro de Inteligencia Territorial en la Universidad Adolfo Ibáñez. Ciertamente como presentó muy bien el Sistema de Transporte, es tremendamente importante llevar a todos nosotros de un punto en la ciudad a otro. Pero también podemos modificar la ciudad, podemos acortar los puntos de destino. O podemos generar otros subcentros, lo cual también beneficia o le quita estrés al sistema, en términos de la longitud de los viajes, la cantidad de personas en los viajes. En esa perspectiva de la planificación urbana o una planificación estratégica urbana, ¿han visto avances o tienen previstos avances?*

**Sra. Gloria Hutt:**

*—La planificación urbana la ve principalmente el Ministerio de Vivienda, pero quisiera dar una opinión sobre eso. Porque es cierto que la Planificación urbana ordena, no tengo duda de eso, y hay algunas decisiones que contienen incentivos que no ayudan a tener una mejor ciudad.*

Pero también, a lo largo del tiempo, he podido observar que uno puede planificar, pero después las personas hacen de la ciudad lo que las personas quieren. Un ejemplo de eso es Brasilia. Yo viví en Brasilia, durante dos años, poco tiempo después que se había construido. Era bastante parecido a vivir en una maqueta y era lo más planificado que he visto, en términos incluso de la arquitectura. Y uno va ahora a Brasilia y se parece bastante más a una ciudad convencional. Ello ocurre porque las necesidades de las personas también empujan hacia ciertas soluciones.

Creo que la planificación, más que intentar imponer, es una forma para que ocurran las cosas. Si las personas quieren seguir viniendo al centro, van a seguir haciéndolo. Hay países que han establecido cosas más rígidas. Han dicho, por ejemplo, esta zona no va a crecer más que X. También viví en Alemania y había barrios donde se decía “éste es el último conjunto porque se acaba la oferta de vivienda en este sector”. Pero eso lo podían hacer, pues tenían todo a mano. Yo viví en un barrio de ese tipo y, en dos kilómetros a la redonda, uno tenía todo lo que podía necesitar. Entonces, no se trata sólo de planificación urbana. Cuando yo quería ir al centro, lo hacía como mucha gente. De hecho, había congestión para viajar al centro. Por tanto, la planificación no resuelve todos los problemas. Pienso que el desafío más grande es poder sintonizar con lo que las personas quisieran que pase y ayudar a que eso ocurra fluidamente.

**Sr. Luis Nario:**

—*Aprovecho de hacerle otra pregunta, una de las cosas que uno esperaba del Sistema es que fueran puntuales los buses, nunca se cumplió. ¿Nunca controlaron la puntualidad de los buses?*

**Sra. Gloria Hutt:**

—La puntualidad se controla. Hay un índice, que se llama frecuencia, que se controla en la salida del Terminal. Eso garantiza que el bus salga al ritmo que se planificó. Pero el de regularidad, que se mide en mitad de la ruta, es el que siempre falla por problemas de congestión. Por eso los corredores exclusivos para buses con cámaras, por ejemplo, ayudan mucho a lograr estabilidad.

**Sr. Dante Bacigalupo:**

—*En los últimos meses hemos escuchado y leído sobre el tren entre Santiago y Valparaíso, es tan importante para todos, sobre todo esta zona metropolitana y también para la quinta región*

*sin duda. ¿Hay algún grupo de trabajo del Gobierno en estos momentos ocupado de este tema, analizándolo, ha sido asignado a algún ministerio, etc.?*

**Sra. Hutt:**

—Sí, hay varios proyectos de Santiago-Valparaíso y partiré haciendo una declaración de visión. A mi juicio, la Red Ferroviaria que incluya la Región de Valparaíso, la Metropolitana y hasta la del Biobío, es indispensable fortalecerla. Necesitamos tener una buena conexión ferroviaria –para carga y, en algunos tramos, para pasajeros– al menos en esta macro zona. En eso no tengo dudas.

Hay proyectos que se presentaron como idea privada de concesión. Existe un consorcio privado que presentó uno a través de una Ley antigua de Ferrocarriles, que es del año 1931. Esa ley permitía a privados que, por ejemplo, tenían una faena minera y existía la Red Ferroviaria del Estado cerca, decir: “Yo tengo una mina cerca y necesito llegar a la Red principal. ¿Me autoriza para poder construir mi ramal?” y Ferrocarriles le decía, “por supuesto, hágalo”, porque el riesgo era totalmente de él. Pero eso no fue pensado para la Red principal, sino para estos ramales. De hecho, esa es la experiencia con esa ley.

Por otro lado, está la Ley de Concesiones del Ministerio de Obras Públicas.

El proyecto mencionado fue presentado por la primera de las leyes y eso ingresa a través del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones. Nosotros les enviamos un documento pidiendo más información porque, dado que no hay experiencia de uso y que esa Ley del año 1931 no tiene mucha densidad de reglamento, hay un riesgo para el Estado. Es una regla planetaria que, cuando las cosas fallan, el Estado paga. Entonces hicimos una lista larga de preguntas y ellos nos deberían contestar pronto. Se trata de preguntas básicas, simples de sustentar, relativas por ejemplo a los números de demanda, precisar algunos puntos sobre las inversiones. No es una cosa exótica.

En cuanto nos contesten podemos saber cuál es el programa. Todavía hay una discusión interna en el Ejecutivo sobre cuál es el mejor camino para canalizar las propuestas. Y hay que despejar también qué pasa con otras propuestas que están presentadas como Ley de Concesiones.

Muchas gracias.

(Aplausos).

**Fin de la Conferencia.**

# PREMIOS

## “MEDALLA DE ORO” Y “AL INGENIERO POR ACCIONES DISTINGUIDAS - AÑO 2018”

Al Ingeniero Sr. Gustavo Rodolfo Saragoni Huerta



*Sr. Rodolfo Saragoni Huerta recibe de manos de don Luis Nario Matus, Presidente del Instituto de Ingenieros de Chile, los premios “Medalla de Oro” y “Al Ingeniero por Acciones Distinguidas - Año 2018”.*

*El pasado viernes 26 de octubre de 2018, se realizó en el Salón de Actos del Instituto de Ingenieros de Chile, la ceremonia solemne de entrega de los premios “Medalla de Oro” y “Al Ingeniero por Acciones Distinguidas - Año 2018” a don Gustavo Rodolfo Saragoni Huerta.*

*La ceremonia contó con una gran concurrencia de personalidades del mundo académico y profesional. Don Luis Nario Matus, Presidente del Instituto, dio 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, ya que en forma extraordinaria el Sr. Saragoni también fue galardonado con el Premio “Al Ingeniero por Acciones Distinguidas”.*

*A continuación, como es tradicional, la presentación del galardonado estuvo a cargo del ingeniero que obtuvo la Medalla de Oro el año anterior, don Sergio Bitar Chacra.*

## El Presidente:

—El 28 de octubre, el Instituto cumple 130 años de existencia. 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. Este año, por calendario ello no fue posible, de manera que nos hemos reunido hoy para cumplir con esta grata tarea.

Desde su fundación, el Instituto de Ingenieros de Chile ha tenido presencia permanente en el desarrollo del país, contribuyendo a la discusión de temas relevantes para su progreso y el de sus habitantes.

Son conocidos sus aportes, que se inician en informes escritos con la Política Eléctrica Chilena y el Plan de Electrificación del País; la propuesta de creación de ENDESA y ENTEL; el estudio base del primer código de aguas, luego la política nacional de riego y más recientemente varios estudios e informes que sería largo enumerar; todos ellos se encuentran a disposición del público en nuestra *web*.

Es importante destacar que estos textos, como aquellos a los que hemos hecho referencia, son fruto del esfuerzo de grupos de trabajo que se reúnen para estudiar las materias que el directorio del Instituto ha estimado que son relevantes para el desarrollo del país.

En el contexto de sus actividades, nuestra Corporación tiene también entre sus labores más importantes, a la vez que gratas, el reconocimiento a aquellos ingenieros que se han destacado por sus contribuciones a la profesión y a la sociedad.

En el día de hoy se da término al proceso de elección y premiación que realizamos cada año, en el que otorgamos nuestro más importante galardón, la “**Medalla de Oro**”, pero hoy, y de manera excepcional, ya que no hemos podido encontrar antecedentes que prueben lo contrario, a nuestro galardonado se le hará entrega también del premio “**Al Ingeniero por Acciones Distinguidas**”.

Esta es su ceremonia, tradicionalmente solemne, pero no por ello alejada de legítimas manifestaciones de alegría en el galardonado, familiares y amigos. En este acto pretendemos capturar y destacar lo mejor de tantos ingenieros que han contribuido a construir, con su aporte personal y profesional, el Chile en el que hoy vivimos.

La “**Medalla de Oro**” constituye la máxima distinción que otorga anualmente el Instituto de Ingenieros de Chile y se entrega al Ingeniero que se haya destacado, a través de su trayectoria de vida profesional, por sus extraordinarios aportes y servicios a nuestro país, a la profesión o al propio Instituto.

En el panel de honor que se encuentra a mis espaldas en este salón, se consigna la lista de todos aquellos que han sido merecedores de este premio desde 1931, e incluye a algunos de los más ilustres ingenieros de nuestro país.

Es una lista que, además, cada año, se ve incrementada por la incorporación de otro extraordinario profesional, y de esa manera ha ido construyendo por sí misma el prestigio que este premio ha alcanzado.

Por su parte, el Premio “**Al Ingeniero por Acciones Distinguidas**”, que se otorga desde 1984, como ya he señalado, este año ha recaído también en don Rodolfo Saragoni, y también 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 hubiese desarrollado acciones distinguidas, 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.

El procedimiento para designar el candidato a cada uno de estos premios es similar. El Directorio del Instituto designa anualmente una Comisión, la cual se encarga de estudiar los antecedentes de los postulantes a cada premio, propuestos por nuestros socios, haciendo una selección para someterla posteriormente a la consideración del Directorio y del Consejo Consultivo del Instituto, que reunidos en sesión solemne y votación secreta disciernen la persona del premiado.

Este año, al otorgar la “**Medalla de Oro**” del Instituto de Ingenieros a don Rodolfo Saragoni, hacemos honor, por una parte, al aludido prestigio que precede a este galardón, y por otra, a su enriquecimiento, con la incorporación de tan ilustre personalidad a ese exclusivo grupo. Su nombre ya ha sido incorporado en este registro, en el panel que se encuentra a mis espaldas.

Lo mismo ha acontecido con el otro galardón que recibe hoy: “**Al Ingeniero por Acciones Distinguidas**”.

Una de las tradiciones más respetadas y queridas de nuestra institución es que se otorga el honor de presentar formalmente a nuestros premiados, al galardonado con la distinción el año

anterior. En esta excepcional ocasión, don Sergio Bitar, premio “Medalla de Oro - Año 2017”, hará la introducción para ambas distinciones.

Pero antes de darle la palabra al Sr. Bitar, quisiera, como Presidente del Instituto, manifestarle a Rodolfo Saragoni, 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 los galardones 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 Rodolfo, recibe un afectuoso abrazo.

Muchas gracias.

### Sr. Sergio Bitar C.:

—El 28 de octubre se cumplen 130 años del Instituto de Ingenieros de Chile, ¡qué mejor ocasión para reconocer a un gran ingeniero por su trascendente aporte a la ingeniería antisísmica!

Los chilenos somos reacios a reconocer y propensos a criticar, Me alegra tener la oportunidad de hacer lo inverso y realzar los frutos que ha entregado el profesor Saragoni durante su vida.

Rodolfo Saragoni es ingeniero civil de la Universidad de Chile, Phd. de la Universidad de California. Es un relevante académico del Departamento de Ingeniería Civil de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas desde sus inicios se especializó en ingeniería sísmica, ha sido Presidente de la Asociación Iberoamericana de Ingeniería Sísmica; Vicepresidente de la Asociación Sudamericana de Ingenieros Estructurales; Vicerrector Económico de la Universidad de Chile. Además, socio fundador de S y S Ingenieros Consultores y coautor de las principales normas antisísmicas de nuestro país. Presidió el Congreso Mundial de Ingeniería Antisísmica en 2017.

Los reconocimientos de que ha sido objeto dan la medida de su talla: Premio OEA Manuel Noriega Morales, 1983, en Ciencias Aplicadas y Tecnología; premio Ramón Salas Edwards, en 1997, del Instituto de Ingenieros de Chile; premio A la Excelencia en Ingeniería Sísmica, 2005, la Asociación Chilena de Sismología e Ingeniería Antisísmica; premio Ingeniero Estructural del año 2011 de la Asociación de Ingenieros Civiles Estructurales de Chile; premio Juvenal Hernández en Ciencias y Tecnología, Universidad de Chile, 2012; Premio Nacional del Colegio de Ingenieros de Chile en el 2013, categoría persona; Premio Instituto de Ingenieros, “Al

Ingeniero por Acciones Distinguidas 2018”, hoy Medalla de Oro de Instituto de Ingenieros de Chile, y el próximo mes será incorporado como Miembro de la Academia de Ingeniería de México.

¿Cómo recorrió esta notable trayectoria?

Estudió en el Liceo 8 y en la Universidad de Chile, es hijo de la educación pública, desde temprano mostró preferencia por las matemáticas y ya en su familia se destacaba un tío ingeniero; su madre estudió Derecho en la Universidad de Chile y su padre egresó de Bellas Artes.

Un evento ocurrido en 1965 influyó en su formación profesional y humanista. Mientras estudiaba ingeniería ocurrió el terremoto de La Ligua. Rodolfo acude como voluntario de la FECH para ir en auxilio de los damnificados. Lo impactaron dos realidades: vio la pobreza de frente, la realidad de una sociedad pobrísima y desigual, y vio los efectos de su primer terremoto en terreno.

En lo profesional, por esos años, llegó a la FCFM el primer computador que permitió realizar la primera medición de terremotos. Motivado por uno de sus profesores dedicó su tesis al estudio comparado con los terremotos de México. Esa decisión, lo conduciría a efectuar un gran aporte a la ingeniería nacional, al precisar la singularidad de los terremotos chilenos, y también a México y otros países.

Su carrera es nítida y va progresando sin pausa en el campo docente, forma ingenieros en un área de primacía para Chile y su proyección mundial, enseña disciplina, trabajo en equipo y creatividad. Combina como pocos la investigación y su aplicación práctica.

En el campo intelectual, realiza publicaciones especializadas de gran relevancia y contribuye al perfeccionamiento de normas y procedimientos para una construcción sólida. Entre sus escritos, junto al Profesor Sarrazin, destacan:

- Coeditor del volumen especial de *Pure and Applied Geophysics* sobre “*Neo-deterministic Seismic Hazard Assessment Approach-achievement and Applications in Earthquake Engineering*”, para su publicación en 2010.
- Otros artículos luego del terremoto 8,8 de 2010 “MW = 8.8 terremoto en Chile”, Departamento de Ingeniería Civil de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile.

Sus innovaciones están presentes en el cálculo de dos construcciones simbólicas del Chile moderno, los edificios Titanium y Costanera Center. El Costanera Center es el edificio de hormigón armado más alto del mundo, ambos edificios tuvieron un excelente comportamiento en el terremoto de 2010.

En el campo profesional destaca por su aporte al perfeccionamiento de normas y procedimientos para una construcción resiliente. El mismo expresó: “estamos trabajando para que los edificios cuenten con un alto estándar, donde la gente pueda seguir habitando y siga haciendo sus labores normales. Normalmente en un edificio viven entre 500 y 1000 personas, actualmente existen cerca de 2.000 edificios, entonces si pensamos en evacuar a dos millones de personas, nos vemos en la incertidumbre de dónde situamos a toda esta gente, por eso el desafío que tenemos ahora es que la ciudad sea sísmicamente resiliente, que Chile esté en esa vanguardia mundial y alcanzar un alto estándar”.

Ya no solo se debe asegurar que las estructuras no colapsen, ahora se debe conseguir que no se deformen y que puedan seguir usándose de inmediato. El propio galardonado nos ha enseñado ese concepto con el ejemplo del Metro de Santiago.

Las normas sobre puentes también han sido modificadas para responder a los efectos sísmicos y de socavación por el cambio climático. Ahora está pendiente la dictación de las nuevas normas para encarar *tsunamis*, y también en ellas está la sabiduría de Saragoni.

Proyección internacional. El terremoto de 2010 fue otro momento crítico en su carrera. Trescientos especialistas de EE.UU. visitaron Chile luego de un terremoto de grado 8,8 para conocer nuestras prácticas.

Su labor profesional y académica se ha proyectado a nivel latinoamericano. Dice Saragoni: “también estamos desarrollando un código de diseño sísmico para América Latina y el Caribe, donde se trata de transferir la experiencia chilena en estos códigos de referencia”.

También es reconocido en Italia, no solo por presidir la Asociación de Profesionales Chilenos de origen italiano, sino por sus conocimientos para ayudar a comprender por qué Chile resistió, mientras que en Amatrice se produjo tanto daño. Acaba de regresar de un Congreso de Ingeniería en ese país acompañado del Rector Vivaldi.

Saragoni es un humanista. Sencillo y afectuoso, aplica sus conocimientos, para servir a los chilenos, especialmente los más modestos. Ha dicho: “el reto lo tenemos más en las viviendas sociales que se hacen con los recursos mínimos del Estado, pese a esta dificultad debemos entregar seguridad a las personas, lo cual se ha ido logrando en los últimos años”.

Esa síntesis de humanismo y excelencia técnica, explica por qué es reconocido hoy por sus pares y la ciudadanía.

Me atrevo a sintetizar tres de sus innovaciones conceptuales:

- singularidad de los terremotos chilenos y sus características;
- subducción de las placas para interpretar el tipo de terremotos y diseñar las mejores normas;
- resiliencia de las estructuras.

### Futuro Desafiante.

Actualmente estamos en una etapa de la profesión que puede colocar a Chile en la vanguardia mundial en protección de desastres naturales.

Nuestro país es un verdadero laboratorio. Nos acosan terremotos y *tsunamis*, enormes incendios y desbordantes deslizamientos de tierras, sequías e inundaciones. En todos esos casos, debemos ponernos en primera línea para protegernos, también para desarrollar un conocimiento de valía internacional.

El concepto de resiliencia debemos extenderlo a las demás áreas de los desastres naturales, y también ya se emplea en Ciencias Políticas, a la gobernabilidad democrática. ¿Cómo crear un sistema que resista, sea flexible, se adapte a crisis inesperadas, conflictos desconocidos, complejidad en aumento?

Las ideas que creamos y los valores que nos inspiran. Hay múltiples ocasiones en que se ponen a prueba los principios de una persona. Quiero destacar algunos episodios que denotan el compromiso de nuestro galardonado más allá de la profesión.

En 1975 o 76 mi amigo el ingeniero Pedro Felipe Ramírez, quien acaba de terminar su período como Embajador de Chile en Venezuela, antes diputado y ministro, decidió escribir su tesis para recibirse de ingeniero mientras estaba preso por la dictadura. En la prisión rindió el examen de grado. Había que firmar el acta y pocos estaban disponibles. Saragoni no dudó y le puso su rúbrica.

Años más tarde, en 1983, Rodolfo asumió la responsabilidad de presidir la Asociación de Académicos de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile. Eran tiempos donde cada uno vivía su vida silenciosa y privadamente, pues el temor campeaba.

En 1986, al formarse el Comando por el No, los ingenieros no estaban organizados y pocos participaban en la asamblea de la civilidad. Entonces dos Medallas de Oro de este Instituto formaron “Ingenieros por el no”: Enrique d’Etigny, Presidente, Rodolfo Saragoni, Secretario.

Rodolfo reconoce la influencia de un gran maestro, de quien también yo tuve el privilegio de ser ayudante de su Cátedra de Mecánica Racional: el Profesor Arturo Arias. Enseñó a pensar,

proyectó a sus discípulos. El mismo Rodolfo dice del profesor Arturo Arias” en esos años se desempeñaba como director en el IDIEM y además fue el creador de la intensidad de Arias o intensidad sísmica instrumental, que es un parámetro que se usa a nivel mundial en ingeniería sísmica. Cuando emigró en 1973 a México, a la Universidad Autónoma de México- UNAM, en sus clases enseñaba mi tesis doctoral de UCLA y ello me hizo muy conocido en México, pues sus alumnos son ahora los profesores de esa universidad

Con la perspectiva de los años se aprende que una cualidad fundamental es la integridad, la coherencia y la preocupación por los demás. Todas esas características, sumadas a la búsqueda de la excelencia se conjugan en la persona que premiamos hoy.

Por ello me honro en presentar a ustedes a Rodolfo Saragoni.

Gracias.

*(Aplausos).*

*A continuación, don Luis Nario Matus, Presidente del Instituto hizo entrega a don Gustavo Rodolfo Saragoni Huerta, la Medalla de Oro y Diploma de Honor. Acto seguido, entrega la Medalla recordatoria y Diploma de Honor del Premio “Al Ingeniero por Acciones Distinguidas”. Posteriormente, el Sr. Saragoni hizo uso de la palabra, agradeciendo en los siguientes términos.*

### **Sr. Rodolfo Saragoni Huerta:**

—Gracias en primer término a Sergio Bitar por su generosa presentación, resaltando algunas cualidades de mi quehacer.

Con Sergio Bitar tengo una anécdota, siendo estudiante de ingeniería de 5° año, mis compañeros del curso de Economía Aplicada que dictaba Don Joaquín Cordua, desearon postergar una prueba y me solicitaron que hiciera la solicitud a Don Joaquín, Medalla de Oro del Instituto, lamentablemente él se encontraba en ese momento fuera del país, por lo que fui con mi solicitud a Fernando Faynzilber, el profesor auxiliar, pero él también se encontraba fuera del país. Ante esta situación aparentemente insoluble, alguien me sugirió presentar nuestra solicitud al Director del reciente creado Departamento de Ingeniería Industrial, Don Sergio Bitar. Seguí el consejo y fui a hablar con él, muy joven en esa época, quién conociendo nuestra solicitud y la situación de ausencia de ambos profesores, me respondió “se posterga la prueba”. Tal capacidad de resolución instantánea me impresionó tanto, que Sergio Bitar es una persona que vi solo una vez y no se me olvidó jamás.

Creo que esta anécdota retrata al hombre de acción que todos conocemos que es Sergio Bitar.

Quiero agradecer a continuación al Presidente del Instituto de Ingenieros de Chile, Sr. Luis Nario, con quien nos conocemos desde nuestros inicios como ingenieros, por sus palabras al otorgarme los premios Medalla de Oro 2018 y “Al Ingeniero por Acciones Distinguidas 2018”, así como a los integrantes de los Comités que discernieron ambos premios.

Es para mí un alto honor recibir el premio máximo que otorga esta centenaria institución de la ingeniería chilena, la cual me ha otorgado con estos dos, cuatro premios en total y la postulación y obtención del premio internacional de la OEA “Manuel Noriega Morales 1983” en Ciencia y Tecnología, al investigador joven menor de 40 años. Motivo por el cual no puedo estar más agradecido de esta institución que me da la oportunidad de expresar por primera vez mis agradecimientos desde este *podium*.

Esta ceremonia que nos convoca, se realiza todos los años en el día del aniversario del Instituto, que en esta ocasión cumple sus 130 años.

El Instituto se fundó en 1888, durante el gobierno del presidente liberal Don José Manuel Balmaceda, quien había asumido en 1886. Eran años de gran turbulencia política, enfrentándose los presidencialistas con los parlamentaristas, con numerosos cambios de gabinetes y el nombramiento del general Velásquez como ministro de guerra, que representó la politización de las fuerzas armadas por primera vez en la República de la Constitución de 1833, la que condujo finalmente a la guerra civil de 1891, llena de odio, saqueos y las batallas de Concón y Placilla, en que se enfrentaron el ejército y la marina, con 1774 muertos del ejército presidencial y 701 del ejército congresista, en total 2475. (Alejandro San Francisco, Tesis Doctoral, Universidad de Oxford).

Evidentemente hay algunas similitudes en las crisis republicanas que debieron vivir los fundadores del Instituto de Ingenieros con nuestros tiempos contemporáneos.

En octubre de 1890, Balmaceda inauguró el viaducto del Malleco, monumento nacional de la ingeniería, dando importancia a la ciencia y a la ingeniería. Son tiempos del desarrollo de numerosas obras públicas, que pueden haber inspirado la creación del Instituto en esa época.

En esta oportunidad deseo rendir mis agradecimientos a los fundadores del Instituto de Ingenieros de Chile, que sacaron adelante esta institución en medio de una guerra fratricida y que nos permite hoy celebrar sus 130 años con esta solemne ceremonia de premiación.

El día de la ingeniería se celebra en Chile los 14 de mayo, fecha que recuerda el primer día de la reconstrucción del primer terremoto destructor que destruyó casi completamente Santiago el 13 de mayo de 1647. El único templo que quedó en pie en esa oportunidad fue la iglesia San Francisco. Templo que ha cumplido recientemente 400 años de vida y que ha sobrevivido a todos los terremotos que han afectado Santiago.

Así nuestra ingeniería nacional reconoce su origen en la ingeniería sísmica.

Alvaro Fischer, director del Instituto, en un artículo escrito en El Mercurio, hace un balance y reconoce que la mayor contribución de la ingeniería chilena del siglo XX, es la ingeniería sísmica.

Los chilenos somos “hijos de la subducción”, de la Placa de Nazca bajo la placa Sudamericana, que con su gran velocidad de convergencia nos da la más alta sismicidad del mundo, con terremotos de ocurrencia frecuente y con las mayores magnitudes del mundo, pero también nos ha compensado con los mayores yacimientos de cobre del mundo y nos ha modelado nuestro carácter nacional resiliente, según mi amigo y premio nacional de historia, Rolando Mellafe, que en paz descanse.

Los avances de la ingeniería sísmica a lo largo de su historia están asociados a la ocurrencia de importantes terremotos; yo no he estado ajeno a este fenómeno, fui llamado a la ingeniería sísmica por la ocurrencia del terremoto de La Ligua del 28 de marzo de 1965. Me encontraba en 4° año de ingeniería en la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile y fui como voluntario de la FECH a inspeccionar los daños a Llay-Llay donde me impresioné con la destrucción de las viviendas, especialmente las de los más pobres. Oportunidad en que estuve colaborando con la CORVI fabricando mediaguas para los damnificados.

Este terremoto, había sido registrado por el acelerógrafo instalado por *U.S. Geodetic Survey* en el subterráneo del edificio de Física de la Escuela de Ingeniería de la Universidad de Chile en Santiago, después de 20 años sin obtener un registro importante.

En esa misma fecha la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas estaba instalando el computador IBM 360, el más avanzado de Sudamérica.

La afortunada concurrencia simultánea de estos dos hechos, le permitieron a mi profesor guía don Luis Rosenberg proponerme analizar los acelerogramas de este terremoto en mi memoria de título.

Jorge Luis Borges, este gran bibliotecario universal argentino, entre sus búsquedas bibliográficas encontró un artículo de un

autor anónimo del siglo XVII, que decía que él creía que incluso los ruidos de la tierra tenían su propia sintaxis.

Vale decir que algo tan caótico como un terremoto tiene su ordenamiento.

Efectivamente, yo me he dedicado a estudiar la sintaxis de los terremotos, ese orden en que llegan las ondas sísmicas y como dicho ordenamiento afecta a las estructuras. Esa comprensión nos permite obtener construcciones más seguras y económicas para nuestra convivencia cotidiana con la subducción.

Esta línea de investigación se conoce técnicamente como análisis de la demanda sísmica, la cual iniciara en Chile el Profesor Arturo Arias y que culminara con la mayor contribución de la ingeniería sísmica chilena a la ingeniería mundial, la intensidad de Arias, una medida instrumental de la capacidad destructiva de los terremotos.

Ha sido una omisión lamentable no haberle otorgado la Medalla de Oro al profesor Arturo Arias, reconocido internacionalmente por la intensidad que lleva su nombre.

En mi tesis de ingeniería me di cuenta que la sintaxis de los terremotos chilenos, era muy distinta a los de los terremotos de EEUU y México, y partí con esta obsesión en 1969 a doctorarme a la Universidad de California, Los Ángeles (UCLA).

Yo me considero un continuador de la escuela de análisis de la demanda sísmica, que iniciaron Arturo Arias y Raúl Husid en los años 60.

Arturo Arias se autoexilió en México en los años 70 y para mi gran satisfacción, enseñaba en la UNAM mi tesis de doctorado de UCLA, un gran reconocimiento para mí, pues aceptaba mis resultados y su rigor intelectual.

El trabajo de mi tesis doctoral de UCLA, sobre terremotos artificiales, publicado con mi profesor guía Gary Hart hace casi 50 años, es citado un par de veces, todas las semanas.

Mis agradecimientos a Gary Hart, con quien publicamos incluso después de su reciente muerte y, a UCLA por permitirme pensar libremente.

En esa universidad aprendí el trabajo multidisciplinario, con sismólogos, geotécnicos y vulcanólogos, que practico hasta el día de hoy.

Toda mi carrera académica la hice en el Laboratorio de Estructuras de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad

de Chile, actual sección Estructuras, Construcción y Geotecnia. Tiempo en el cual tuve la suerte de compartir mi vida con dos Medallas de Oro, Mauricio Sarrazin y Tomás Guendelman. Con Tomás teníamos nuestras oficinas una enfrente de la otra.

Compartí con ellos la edad de oro de las estructuras y la ingeniería sísmica chilena, con la llegada del computador, el análisis matricial, el análisis por elementos finitos y la dinámica estructural y de suelos.

Cuando regresé a Chile en 1972, eran tiempos difíciles, todos emigraban, sin embargo, estas tres Medallas de Oro permanecemos y logramos el desarrollo espectacular que tuvo esta disciplina en Chile, la cual es reconocida internacionalmente.

Nuestra permanencia en la Universidad se debe en gran parte a los profesores Enrique d’Etigny, Augusto León, Joaquín Monge, Luis Rosenberg, Arturo Arias, Eugenio Retamal, Edgar Kausel, Claudio Anguita, Igor Saavedra y Atilano Lamana. Para ellos mi gratitud y el recuerdo a Ivette Grosstête y el agradecimiento a Mariela Mualin, nuestras secretarías de toda una vida.

La Facultad ha sido mi segunda casa, donde he hecho grandes amigos, muchos de ellos premios nacionales en ciencias, que hoy me acompañan.

Durante mis casi 50 años en la facultad mantuve la red nacional de acelerógrafos (RENADIC) del Departamento de Ingeniería Civil, con los que se midieron los terremotos de Chile Central de 1985 y de El Maule del 27 de febrero de 2010, los que permitieron comprobar que los terremotos chilenos tienen su propia sintaxis.

Para mí, mi mayor contribución son mis alumnos Jorge Crempien, Paulina González, Sergio Ruiz, Rodrigo Astroza, Fabián Rojas, Alonso Gómez y Carlos Frau, quienes al seguir la carrera académica en Chile y en el extranjero, me dan la satisfacción que continuarán desarrollando la ingeniería sísmica en el futuro.

Los Saragoni somos descendientes del italiano Emilio Saragoni Marzoli, quien un día emigró de Ancona, somos familia de ingenieros de la Escuela de Ingeniería. Nuestro tío Oscar Saragoni Hidalgo, ingeniero de Minas fue el primero quien falleció trágicamente en sexto año en un accidente aéreo en Perú con otros compañeros. El inspiró a nuestra siguiente generación de 4 ingenieros y la actual de nuestros sobrinos que son 3, en total somos 8. Todos ellos aquilatan el significado familiar que representan ambos premios.

Mi madre Ofelia Huerta Opazo, estudió derecho en la Universidad de Chile inculcándome desde mis primeros años mi amor entrañable por la Universidad de Chile, el que se acrecentó cuando me casara con mi esposa Yolanda Biondi, pues mi suegro y su

familia trabajaban en la Universidad. En particular el tío Enrique Marshall fue Secretario General de la Universidad en tiempos del Rector Juvenal Hernández. Cuando la Universidad me confirió el premio “Juvenal Hernández Jaque”, mi Sra. y sus hermanas hablaban del tío Juvenal.

En los años 70 la Universidad de Chile fue intervenida por rectores militares y me correspondió defender la recuperación de su autonomía, el alma de la Universidad.

En 1990, durante el rectorado de Jaime Lavados, asumí como Vicerrector Económico, lo que me ayudó a amar aún más a la Universidad y sus Facultades.

Como en esta oportunidad, el Instituto me ha entregado dos premios, agradezco a continuación el premio “Al Ingeniero por Acciones Distinguidas Año 2018”, el que me fue otorgado por presidir la exitosa 16ª Conferencia Mundial de Ingeniería Sísmica, realizada en enero de 2017 con la participación de 2800 especialistas de 85 países, con 1500 trabajos.

Los asistentes extranjeros se fueron impresionados del país y de sus logros en ingeniería sísmica, visitando los famosos edificios chilenos que pasaron exitosamente el terremoto magnitud 8.8 de 2010.

Sin embargo, este logro se debe a muchos ingenieros, en primer término, a los miembros de la directiva de la Asociación Chilena de Sismología e Ingeniería Sísmica (ACHISINA): Patricio Bonelli, Marianne Küpfer, Hernán Santa María, Leonardo Massone, Marcial Baeza, y la secretaria ejecutiva Francisca Maturana, quienes lograron en Lisboa la sede para Chile, en competencia con otros 7 países.

En la organización del Congreso participaron Tomás Guendelman como Vicepresidente, Rubén Boroschek y Hernán Santa María en el Comité Científico, fueron los miembros del Comité Organizador junto a René Lagos, Augusto Holmberg, Christian Ledezma, Mario Giuliano, que en paz descanse, Marianne Küpfer, María Ofelia Moroni y Gianni Rivera.

Adicionalmente participaron en el Directorio de la Conferencia: Sergio Barrientos, Gilberto Leiva, Diego López-García, Carl Lüders, Mauricio Sarrazin y Ramón Verdugo.

A todos ellos deseo expresarle mi público agradecimiento, en mi calidad de actual presidente de ACHISINA, por este hito histórico de la ingeniería sísmica nacional.

Solo un recuerdo del discurso inaugural de la Conferencia, este extracto del poema Desastres de Neruda:

“En Valparaíso caían  
alrededor de mí las casas  
y desayuné en los escombros  
de mi perdida biblioteca  
entre un Baudelaire sobrevivido  
y un Cervantes desmantelado”.

Yo pertenezco al curso de la Escuela de Ingeniería “Egresados 67”, que se destaca ahora por tener 2 Medallas de Oro del Instituto, la de Luis Valenzuela y la mía.

Es un curso muy especial, que acaba de conmemorar sus 50 años de egreso con una fiesta en la Facultad.

Tiene una fundación “Egresados 67” la cual ha otorgado casi 30 becas a estudiantes de la Escuela de Ingeniería, mostrando su compromiso de agradecimiento con la Facultad por haber recibido una educación gratuita. Le agradezco al presidente, a mis compañeros y sus Sras. Por acompañarme en este día tan especial.

En 1973, fundamos con Mauricio Sarrazin, la consultora “S y S Ingenieros Consultores Ltda”, que ahora después de 45 años encuentra a ambos socios como Medallas de Oro del Instituto de Ingenieros y Premios Nacionales de Ingeniería del Colegio de Ingenieros, creo que es la única oficina en Chile con ese logro.

La vida me ha premiado por tener un socio y amigo como Mauricio, un hombre brillante, estructural por antonomasia, pero ante todo de una ética ejemplar.

Esta oficina ha hecho contribuciones al desarrollo de la ingeniería nacional e indudablemente ello ha contribuido dentro de los antecedentes considerados para otorgarme la Medalla de Oro.

Un agradecimiento a todos los que han contribuido a su desarrollo, especialmente a Juan Carlos Labbé, Ricardo Ramírez, Alberto Sáez, Maximiliano Astroza y los jóvenes ingenieros que me acompañan.

Casi al final de este discurso deseo manifestar mis agradecimientos a mis padres Fernando Saragoni Hidalgo y Ofelia Huerta Opazo por los valores y educación que nos dieron.

Un agradecimiento y reconocimiento gigante a mi esposa Yolanda Biondi Montedónico, quien ha aceptado por 50 años las ausencias propias de este trabajo y se ha convertido en líder de las señoras de los ingenieros estructurales:

“Del tiempo que lo he perdido de vista, creo que lo he pasado pensando en otra, lo que le ha quitado el sueño, por lo cual se

ha reunido cientos de veces, por y para ella, lo que lo desvela e intranquiliza –se preguntarán ustedes quién es ella–. Bueno, ella es NORMA, la norma sísmica”.

Ello es parte de su discurso *best seller* entre las señoras de los ingenieros estructurales, que me dijera con motivo de mi premiación de la Asociación de Ingenieros Civiles Estructurales. Muchas de ellas nos acompañan hoy con sus maridos. A todos ellos muchas gracias.

Agradezco también a mis hijas María Ofelia y Carla, mis nietos, yernos y hermanos.

Unas reflexiones finales sobre el rol de los ingenieros en materias fundamentales del desarrollo del país.

La revolución del 91, pese a las mencionadas cruentas batallas, produjo una rápida reconciliación nacional. Nosotros debiéramos aprender de ellos y reencontrarnos por el bien del país, superando nuestras diferencias y cuidando nuestra recuperada democracia.

El país ha alcanzado el desarrollo de país medio, su gran desafío es ser el primer país desarrollado de Sudamérica, pero hay que sortear la trampa de “Por qué fracasan los países” de Acemoglu y Robinson, tarea que solo el 10% de los países lo ha logrado.

Por razones de trabajo he viajado numerosas veces a Finlandia, país paradigmático para los chilenos en educación y otros logros. Compartiendo un café con un ingeniero fines en Savolinn, le pregunté; qué le había impresionado más de Chile, me respondió “la desigualdad”.

Finalmente creo firmemente que la ingeniería sísmica chilena logrará edificios y ciudades sísmicas resilientes en un futuro cercano.

“VEO QUE SE ME ESTÁN QUEDANDO DORMIDOS

Esa es la idea

Yo parto de la base

De que el discurso debe ser aburrido

Mientras + soporífero mejor

De lo contrario nadie aplaudiría

Y el orador será tildado de pícaro”.

Antipoesía de nuestro inmortal inspector y profesor del Departamento de Estudios Humanísticos de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile, Nicanor Parra

Muchas Gracias.

(Aplausos).

**PREMIO  
“JUSTICIA ACUÑA  
MENA - AÑO 2018”**

A la Ingeniera  
Sra. Marcela Munizaga Muñoz



*Sra. Marcela Munizaga Muñoz, recibe el Premio “Justicia Acuña Mena - Año 2018”.*

*El pasado viernes 12 de octubre de 2018, en el Salón de Honor del Instituto de Ingenieros, ante una numerosa concurrencia de autoridades y personalidades, en particular del ámbito universitario, se realizó la ceremonia solemne de entrega del Premio Justicia Acuña Mena - Año 2018, a la Ingeniero Sra. Marcela Munizaga Muñoz.*

*El Presidente del Instituto, Sr. Luis Nario Matus, inició la ceremonia con una breve intervención relativa al significado de este premio. Asimismo, en forma sencilla y elocuente explicó el especial merecimiento de la galardonada de este año, doña Marcela Munizaga Muñoz. Posteriormente, la presentación de la galardonada estuvo a cargo de la Ingeniero Sra. Marisa Kausel Contador, distinguida con el mismo premio el año 2016.*

## El Presidente:

—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, 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, tituladas 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.

De más 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 2018”, ha recaído este año en nuestra colega Marcela Munizaga 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 Marisa Kausel, distinguida con este premio en el año 2016.

Estimada Marcela, muchas felicidades.

*De acuerdo con lo que es tradicional, la presentación de la galardónada la efectuó la Ingeniero Sra. Marisa Kausel, premio “Justicia Acuña Mena” año 2016.*

## Sra. Marisa Kausel:

—Señor Luis Nario, Presidente del Instituto de Ingenieros de Chile, señores miembros del Directorio del Instituto, estimada Marcela Munizaga, familiares, amigos y colegas.

La señora Marcela Munizaga ha ganado el premio Justicia Acuña Mena del año 2018, en reconocimiento a su destacada trayectoria como ingeniero.

Continuando con la tradición del Instituto de Ingenieros, en que la premiada del año anterior presenta a la nueva galar-donada, hoy con mucho orgullo me corresponde presentar los antecedentes y hacer una reseña de Marcela, que permita conocerla y apreciarla en sus múltiples dimensiones.

Para mí es un honor y un motivo de alegría presentarla, ya que se trata de una queridísima compañera de universidad, colega y amiga.

### 1. Su infancia

Marcela proviene de una familia con tradición pisquera, del norte de nuestro país. Podemos decir que es “Hija de los cerros del Elqui” ya que su apego a esas tierras viene de su infancia. Regalona de sus padres –Iván y Adriana– vivieron hasta sus 5 años en la localidad de Pisco Elqui en la comuna de Paihuano.

Luego su familia se trasladó a la Serena, para que Marcela ingresara al Colegio Inglés donde terminó su enseñanza media.

### 2. Sus años universitarios

Casi al terminar la enseñanza media, Marcela aún no tenía claro que quería estudiar: le gustaba todo –arquitectura, derecho– por lo que se preparó para todo. Sin embargo, gracias al consejo de don Álvaro Pulgar, Ingeniero Civil de la Universidad de Chile quien por esos años trabajaba en la Mina El Romeral, amigo de la familia y que hoy nos acompaña, ella se decidió por ingeniería.

¡Qué buen ojo tuvo don Álvaro, mire adonde ha llegado Marcela!

El año 1984, Marcela ingresó a la Escuela de Ingeniería, destacándose desde un inicio como una excelente alumna y compañera.

Tal vez ella nunca imaginó que su vinculación con la Escuela de Ingeniería de la universidad de Chile sería tan larga y

profunda, ya que no sólo ha sido su Casa de Estudios, sino que su carrera académica siempre ha estado ligada a ella. Y no sólo eso, sino que también su vida familiar se inició en la misma Universidad.

### 3. Su familia

Cuando comenzó su memoria de título, llegó a ocupar la oficina vecina de su marido César, quien por ese entonces terminaba su magíster. Allí se conocieron y rápidamente se comprometieron... aunque él reconoce que varios años antes ya se había fijado en ella.

Dos años después se casaron. El año 1994 nació su primer hijo –Joaquín– y a los meses partieron los tres a Londres acompañando a Marcela para hacer una estadía de un año preparando su tesis doctoral en la *University College of London*.

Tuvieron que organizarse muy bien para criar a su pequeño hijo y –según me cuentan– hasta acordaron las horas de entrada y salida de sus obligaciones, para pasar a dejar y buscar a su hijo a la casa de su cuidadora.

Su segundo hijo –José Luis– nació después de que ella se doctorara en Chile. Y finalmente nació la menor –Isabel.

Hoy los dos mayores estudian siguiendo los pasos de sus padres, en la misma Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile. Mientras que Isabel, se prepara para ingresar prontamente a estudiar medicina, ojalá, también en la Universidad de Chile.

Los cinco viven en su casa de la Comunidad Fernando Castillo Velasco en La Reina –la misma comunidad en que yo viví por muchos años. Hoy se aprontan a cambiarse a Providencia, pensando –como no– en ahorrar tiempo de viaje para dedicar más tiempo a sus placeres: la cocina, ya que según dicen, los cinco son excelentes cocineros.

Es una hermosa familia a la que le encanta estudiar, cocinar y viajar.

Y si de viajes se trata, Marcela tiene una rutina muy especial: en general siempre invita a sus hijos a que la acompañen cuando debe viajar por motivos académicos. Y en sus ratos libres, en vez de salir de shopping, ellos se “van de cata de café”, porque ella es una amante del buen café y se define como una entendida en grano y especialista en el “*latte art*”. Por eso, su “cuarto hijo” es una formidable cafetera profesional italiana, que ocupa un lugar privilegiado en su cocina.

### 4. Reseña laboral

Pasando a reseñar su trayectoria profesional y laboral, les puedo decir que Marcela Munizaga es Ingeniera Civil con mención en Transporte de la Universidad de Chile, graduada con distinción máxima y Doctora en Ciencias de la Ingeniería de la Pontificia Universidad Católica de Chile. Es actualmente Profesora Titular de la Universidad de Chile y académica del Departamento de Ingeniería Civil.

- Ha ejercido diversos cargos en Docencia y Administración.
- Desde enero de 2006 a la fecha, Jefe de división de Ingeniería en Transporte.
- Desde 2012 ejerció el cargo de Subdirectora del Departamento de Ingeniería Civil.
- Hasta el 2018 fue Integrante del Comité de Ética, Consejera de Facultad (elegida por votación); e Integrante de la Comisión de Concursos Académicos de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. Universidad de Chile.
- Es investigadora titular del Instituto Sistemas Complejos de Ingeniería ISCI e investigadora adjunta del Centro de Clima y la Resiliencia (CR)2. Sus áreas de investigación son la modelación del comportamiento de usuarios de transporte y el uso datos masivos de transporte público.
- En los últimos 7 años ha sido Profesora Coguía de más de 35 Alumnos Memoristas de Pregrado y Profesora Guía de más de 18 Alumnos Tesistas de Magíster y profesora integrante en la comisión de un Alumno Tesista de Doctorado.
- Autora de más de 16 Publicaciones ISI.
- Mercedora de Becas y Distinciones, como “Mejor Docente de Pregrado 2007”, “*WCTRS Prize for best paper 2007*”, “Premio al mejor trabajo de autor joven presentado al VII Congreso Chileno de Ingeniería de Transporte”.

En el mundo de la Ingeniería de Transporte Aplicada, podemos destacar su participación en la creación de la aplicación **TRANSAPP** que tiene más de 11.000 usuarios activos y permite informarse en línea del estado del transporte público, y el desarrollo del software de **Análisis de Datos de Transporte Público ADATRAP**, que permite tomar datos generados automáticamente por Transantiago (obtenidos de los GPS de los buses, y del registro de las transacciones de pago) y producir información valiosa para planificadores y operadores: perfiles de velocidad, perfiles de carga, matrices origen-destino de viajes en transporte público, e indicadores de calidad de servicio.

Estos son algunos ejemplos de los grandes resultados en los que se han traducido sus investigaciones.

## 5. Su aporte y compromiso más allá del trabajo

Conocí a Marcela cuando ingresó a estudiar ingeniería civil en la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de Universidad de Chile allá por los años 80.

Fuimos parte de ese reducido 10% de mujeres que en esa época se atrevía a estudiar en nuestra Facultad. Ahora, cuando han pasado más de 30 años, esa cifra ha aumentado a un 33% de participación femenina.

Y una de las principales responsables de ese aumento ha sido Marcela, que dentro de sus muchas responsabilidades como una de las más destacadas académicas, ha impulsado con fuerza medidas que permiten no sólo que más mujeres ingresen a nuestra Escuela, sino que tengamos más participación en todos los niveles, en todos los departamentos y especialidades.

Me contó que su meta es lograr más de un 35% de mujeres ingenieras en la Universidad de Chile.

Quise destacar especialmente este logro, de los muchos que ya he mencionado y que podrán conocer en el currículum de Marcela porque este premio, Justicia Acuña, es en honor a la primera mujer ingeniera en nuestro país y en Sudamérica. Y Marcela, con su destacada trayectoria, no sólo ha contribuido a traspasar la barrera del conocimiento, como ella misma dice, sino que también ha contribuido a lograr algo más difícil aún, que es abrir espacios para que más mujeres tengan la oportunidad de hacerlo.

Y ella misma ha ido conquistando sus propios espacios como profesional y como mujer:

- Este año 2018, Marcela fue nombrada profesora titular de la Universidad de Chile –solo hay 9 mujeres de 70 profesores titulares.
- También fue elegida Directora Académica y de Investigación de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, convirtiéndose nada más ni nada menos que en la primera mujer en llegar a ser la tercera autoridad de la Facultad, después del Decano y Vicedecano. Tremenda conquista y gran desafío.

Y estos logros, representan mucho más que un cargo. Son los resultados de años de trabajo, esfuerzo, dedicación y compromiso de Marcela, y también de su familia, especialmente sus hijos y marido, que hoy la acompañan.

Porque como ella misma me confesó en un almuerzo que tuvimos hace unos días para preparar esta presentación, ella

sabiamente hizo “elecciones” para lograr sus metas académicas y sus metas familiares que para ella han sido elecciones y no sacrificios.

Su primera elección para compatibilizar familia y carrera, fue hacer su Doctorado en Chile y no en el extranjero que es lo más habitual. La segunda, como comenté hace unos minutos, fue preparar su tesis en Londres durante un año junto con su marido y su primer hijo. La tercera elección, trabajar tres cuartos de jornada con las mismas exigencias que jornada completa, hasta que su hija menor cumplió 12 años.

Elecciones que la mayoría de las mujeres tenemos que seguir haciendo, para poder avanzar en nuestras carreras compatibilizando la vida familiar, pero que valen la pena y que gracias a mujeres como Marcela, Justicia Acuña y tantas otras, cada vez somos más y cada vez llegamos más lejos.

Tan lejos como ya ha llegado Marcela en su carrera y en el área que la apasiona, que es su especialidad y es reconocida en el mundo entero: el procesamiento de datos masivos de transporte público.

Gracias a sus investigaciones ha generado metodologías y desarrollos que nos permiten tomar mejores decisiones cuando planificamos nuestros viajes y que tienen impacto en la calidad de vida de millones de usuarios que diariamente utilizan el transporte público.

Marcela es el fiel ejemplo de cómo las mujeres podemos aportar significativamente al desarrollo y bienestar de nuestra sociedad.

A estos grandes resultados, hoy sumamos este merecido reconocimiento, a una gran profesional, docente, mamá y esposa.

Felicidades querida Marcela y esperamos que sigas moviendo la barrera del conocimiento, formando alumnos y conquistando nuevos espacios.

Sin duda, dentro de no muchos años, estaremos festejándote como Decana de nuestra facultad, y espero que ese día celebremos con un estupendo café en tu nueva casa.

Muchas gracias

*(Aplausos).*

*A continuación, el Presidente del Instituto Sr. Luis Nario M., procedió a hacer entrega del Diploma de Honor y una Medalla recordatoria a la Sra. Marcela Munizaga Muñoz. Acto seguido, la Sra. Munizaga agradeció la distinción en los siguientes términos.*

**Sra. Marcela Munizaga:**

—Muy buenas tardes a todos los presentes, saludo especialmente a los miembros del Instituto, y a los colegas, familiares y amigos que vinieron a acompañarme. Es muy emocionante para mi estar aquí hoy, en este lugar donde se ha distinguido a tantos ingenieros e ingenieras. Lo considero un honor y recibo este premio con humildad.

Agradezco al Instituto de Ingenieros de Chile por otorgarme esta distinción tan significativa.

Me llena de alegría pasar a formar parte de las “Justicias”, como me dijo Marisa cuando me llamó para que nos juntáramos a preparar este encuentro.

Agradezco también a Ximena Vargas y a Patricio Aceituno, que consideraron que yo podría ser merecedora de este premio y presentaron mi postulación.

Les debo contar que yo conocía bien este premio, he venido a esta misma ceremonia en ocasiones anteriores, a acompañar a mis colegas académicas que lo han recibido: María Ofelia Moroni en 2004, Ximena Vargas en 2006 y Silvana Cominetti en 2008. También me alegré mucho cuando fue otorgado a mis colegas transportistas: Gloria Hutt, en 2010, y Marisa Kausel la última premiada hace dos años.

Lo menciono porque fueron para mis momentos de inspiración, que creo es justamente lo que busca este reconocimiento... generar una reflexión en torno a la figura de Justicia Acuña, y el rol de la mujer en la Ingeniería. Inspirar a las ingenieras chilenas a aceptar grandes desafíos, atreverse a ser la primera en algo, a decir ¿Por qué no?

Para quienes vienen por primera vez a esta ceremonia, les cuento algo muy breve sobre la persona en cuyo nombre se entrega este premio: Justicia Espada Acuña Mena, la primera Ingeniera Civil de Chile y de Sudamérica. Ella era estudiante de Ingeniería Civil hace 100 años, ingresó a la Universidad de Chile en 1913 y se graduó en 1919, era la única mujer en todos sus cursos, no reprobó ninguno de ellos, se casó, tuvo siete hijos y ejerció la profesión trabajando como calculista en la empresa de Ferrocarriles del Estado hasta la edad de jubilar. Una mujer valiente, que, como dicen las palabras de la época **“haciendo caso omiso de prejuicios i añejeses, i no llevando más armas que su cerebro i su carácter indomable, decidió estudiar injeniería”**.

Desde que esa mujer pionera se graduó, hasta ahora, hemos avanzado, pero aún nos falta mucho en términos de equidad

de género en Ingeniería. En el año 2013, 100 años después de que Justicia Acuña ingresara a la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, parecía que se había llegado a un límite en el ingreso de mujeres en torno al 20 por ciento

Un grupo de académicas, al cual pertenezco, organizadas en torno a temas de género, consideró que eso era inaceptable y que había que tomar medidas. Nuestro grupo, denominado Adelina Gutiérrez, en honor a la primera mujer académica de la Facultad, que hizo un doctorado en Astrofísica a fines de los 50, logró convencer a las autoridades de crear un programa de equidad de género para el ingreso de estudiantes a la Facultad, y desde 2014 se otorgan 40 cupos adicionales a las postulantes mujeres que quedan justo después del puntaje de corte por ingreso regular. Eso corresponde al 5% de las vacantes totales, pero ha tenido un efecto multiplicador, pues ya el primer año del programa el salto fue de 8 puntos porcentuales, lo que muestra que además del efecto de los cupos adicionales, hubo mayor postulación de estudiantes mujeres que estaban por sobre el puntaje de corte. Ese efecto ha ido en aumento, y este año la Facultad llegó a la cifra récord de 33% de mujeres en ingreso a plan común.

También se creó en el año 2015 un programa de equidad de género en la academia, a través del cual se invita a mujeres recientemente tituladas de ingenieras o graduadas de magíster, a iniciar una carrera académica, comenzando por realizar estudios de doctorado. En ese programa se ha contratado ya a siete académicas, y se espera contratar algunas más este año.

Otras medidas que podrían ser consideradas menores, pero a mi juicio también han sido significativas son la construcción de una sala cuna, la incorporación sistemática de mujeres en distintas instancias donde se toman decisiones importantes en la Facultad, y la visibilización del quehacer de mujeres en la academia. Todo esto tiene un efecto demostrativo muy importante para nuestras estudiantes. Ahora vamos a comenzar también a invitar a mujeres destacadas del mundo profesional, para que nuestras estudiantes vean que también en ese ámbito hay mujeres valientes, talentosas y destacadas. De hecho, a Marisa ya la tengo comprometida para que sea una de nuestras charlistas.

La meta es ambiciosa, aspiramos a llegar a tener un mínimo de 35% de participación de mujeres en todos los ámbitos de la Facultad, en todos los niveles (no sólo primer año), en todas las carreras, en postgrado, en académicas, también en las jerarquías más altas y en cargos directivos.

Si se logra esa meta, tendremos una mejor Facultad y podremos realizar más y mejores contribuciones al desarrollo del

país. Está demostrado que la diversidad no sólo embellece el entorno, sino que también enriquece las ideas. También tendremos una sociedad más justa, donde todas y todos puedan optar a trabajos reconocidos, valorados y bien remunerados.

Sabemos que el cambio no va a ocurrir espontáneamente, al menos no con la urgencia que se requiere, así que tenemos que trabajar para ello.

Afortunadamente tenemos algunos aliados, como lo fueron los ex decanos Brieva y Aceituno, que se atrevieron a implementar los programas de equidad de ingreso en estudiantes y académicas respectivamente, y el actual decano Profesor Francisco Martínez que además de implementar la creación de una Dirección de Género, nombró un gabinete paritario en su administración, del cual soy parte como Directora Académica y de Investigación. Espero que el Decano esté contento con su decisión y que juntos logremos cambiarle la cara a la Facultad.

Para finalizar, quiero hacer algunos agradecimientos personales, el hecho de que yo esté aquí hoy recibiendo este premio es porque logré desarrollarme como persona y como profesional “destacada” (a juicio de algunos), para lo cual he recibido apoyo, inspiración y cariño de muchas personas:

Quiero agradecer a mi papá que está aquí presente y a mi mamá que ya no está, que les tocó lidiar con una hija que de chiquitita era porfiada, de adolescente definitivamente rebelde y que se le ocurrió tomar un camino distinto al tradicional (la academia); a mis profesores del colegio, de la Universidad y del Doctorado, que no sólo me entregaron conocimientos, también fueron modelos y fuentes de inspiración; al Ingeniero Álvaro Pulgar, papá de una gran amiga, que fue quien me sugirió entrar a Ingeniería en la Chile cuando yo estaba saliendo del colegio muy confundida y no sabía bien qué hacer, él también ha sido un mentor y apoyo en distintos momentos de mi carrera.

Quiero agradecer también a mis amigas de distintos círculos, que fueron fundamentales para mantener la cordura mientras me desempeñaba en un mundo masculinizado y exigente. Menciono especialmente a mis amigas de La Serena, mis compañeras de universidad, mis amigas de la gimnasia, mis amigas transportistas, mis colegas académicas, mis amigas funcionarias de la Facultad.

Agradezco además a mis colegas de la Facultad, los del Departamento de Ingeniería Civil, los del Instituto Sistemas Complejos de Ingeniería, los del CR2 y especialmente a los de la División Ingeniería de Transporte, donde he desarrollado



*Sra. Marcela Munizaga, premio “Justicia Acuña Mena Año 2018”, en compañía de la Sra. Marisa Kausel Contador, premio “Justicia Acuña, año 2016” y el Sr. Luis Nario Matus, Presidente del Instituto de Ingenieros de Chile.*

toda mi carrera en un ambiente grato, desafiante y de mucha libertad; a mis estudiantes, los actuales y los ya graduados. Uno de los privilegios de mi trabajo es la posibilidad de trabajar con estudiantes brillantes, llenos de ideas, ideales y entusiasmo.

Agradezco a mi suegra que siempre estuvo disponible; a mis hijos Isabel, José Luis y Joaquín, que han llevado bien esto de tener una mamá que busca compatibilizar trabajo y familia, son agradecidos del tiempo que les he dedicado, y me apoyan en todos mis proyectos y aventuras.

Para terminar, quiero agradecer a César, mi esposo desde hace 26 años, por su compañía y su apoyo. Creo que César fue un adelantado a su época cuando pidió permiso sin sueldo en su trabajo y me acompañó a realizar una estadía de un año en Londres, como parte de mi doctorado, con una visa de “acompañante de la esposa”. En esa época no era muy común algo así. No sé si ahora lo es. También me ha tenido paciencia en los momentos difíciles y ha compartido mi alegría en los momentos gratos como este.

Muchas gracias a todos los que están acá, que vinieron a compartir este momento conmigo o con el Ingeniero Carlos Andreani en un acto de generosidad y empatía.

Muchas gracias

*(Aplausos).*

PREMIO  
“JULIO DONOSO  
DONOSO - AÑO 2018”

Al Ingeniero  
Sr. Carlos Andreani Luco



*Don Carlos Andreani Luco, Premio “Julio Donoso Donoso - Año 2018” junto a don Luis Nario,  
Presidente del Instituto de Ingenieros de Chile.*

*El pasado viernes 12 de octubre de 2018, en el Salón de Actos del Instituto de Ingenieros, tuvo lugar la ceremonia de entrega del Premio “Julio Donoso Donoso - Año 2018”, al distinguido Ingeniero don Sr. Carlos Andreani Luco.*

*El Presidente del Instituto, don Luis Nario Matus, dio inicio a este solemne acto con una breve alocución refiriéndose al especial merecimiento de quien recibe el galardón en esta oportunidad. A continuación, el director don Carlos Mercado Herreros, efectuó la presentación del homenajeado.*

**Sr. Luis Nario Matus:**

—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, por un impedimento del anterior premiado, Máximo Honorato, esta grata labor la realizará Carlos Mercado, ex Presidente y actual director 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 2018, don Carlos Andreani.

Estimado Carlos, muchas felicidades.

*A continuación, la presentación del galardonado la realizó el director don Carlos Mercado Herreros en los siguientes términos:*

**Sr. Carlos Mercado:**

—Muy buenos días a todos los presentes.

Máximo Honorato, distinguido con este premio en su versión anterior, ante un impedimento personal que tuvo, me ha solicitado qué dé lectura a la presentación del homenajeado de este año con el premio Julio Donoso.

“Al destacar el desempeño, la vida profesional y humana de don Carlos Andreani Luco se nos aparece una persona dotada de grandes cualidades que lo destacan nítidamente y lo hacen el merecedor más idóneo premiado por este Instituto de Ingenieros de Chile con el galardón Julio Donoso Donoso este año 2018.

Efectivamente, don Carlos ha sido un ingeniero civil de tomo y lomo. Tan así es, que don Carlos tuvo en su matrimonio con Teresa Valiente, 5 hijos, 4 hombres y una mujer, son ingenieros civiles o comerciales. Está en sus genes de familia,

Su extenso currículum laboral comienza en la principal empresa del sector eléctrico de Chile, la Empresa Nacional de Electricidad, ENDESA, donde trabajó más de 34 años. Ahí siempre destacó por su acuciosidad, trabajo comprometido y bien hecho, haciendo honor al prestigio de los profesionales de esa gran empresa.

Revisemos su desempeño profesional en ENDESA, sus ascensos y, sobre todo, prestando atención a su faceta de interrelaciones humanas. Por modestia típica de la profesión, hay que investigar para confirmar que nunca tuvo problemas de relaciones humanas para ejecutar sus proyectos, sino que fueron siempre de extraordinaria corrección.

Recién titulado de Ingeniero Civil en 1964, primero se enfoca en Proyectos, calculando, especificando y dibujando las ideas, tal como se podría hacer con los sueños, de qué hay que hacer, cómo hacerlo, durante cuánto tiempo y determinando recursos múltiples que se comprometerán económica y humanamente. Durante 8 años está en eso, extrayendo datos y características del terreno, para después vaciarlos en planos y documentos.

En los 8 años siguientes, asume, en calidad de ingeniero jefe en los siguientes proyectos hidroeléctricos de ENDESA: Antuco (300 MW), Neltume (400 MW) y Pehuenche (500 MW).

Tomemos unos minutos de tiempo para analizar cada uno de estos tres principales proyectos en que se desempeñó don Carlos. Revisemos aquellos factores que dimensionan y definen su profesionalismo y liderazgo (Valor de la obra, plazos, características técnicas principales, personal ocupado en su construcción: directo e indirecto, como el de los proveedores, administración, etc., que normalmente son más numerosos que en la obra misma). Entramos en estos detalles, para que podamos apreciar la gran cantidad de personas con las que don Carlos tuvo que relacionarse estos Proyectos, así como en el resto de sus actividades profesionales durante su vida, que iremos resaltando en esta presentación. Siempre lo hizo tan bien, que lideró y motivó para ser considerando un auténtico líder querido. Si un ingeniero no exhibe estas condiciones, no podrá realizar obras, porque solo evidentemente no se puede y sin conducción adecuada, resultará una torre de Babel. Como don Carlos las cumple destacadamente, es que decimos que es un premiado muy bien seleccionado. El denominador común de su desempeño se perfila en el cumplimiento de metas y plazos de las obras, pero, sobre todo, por una correctísima relación con todas las personas que intervinieron en cada uno de estos proyectos que le tocó desarrollar. Al concluir esta etapa como ingeniero jefe de estos 3 proyectos ha llegado a los 49 años. ¡Muy joven todavía! Pero ahora vendrán, en la madurez de su vida, los desafíos mayores, Sus puestos como Ingeniero de ENDESA fueron resultando sucesivamente de mayor complejidad, de mayores valores económicos y sobre todo, con mayor cantidad de personas que armonizar y liderar. Con encantamiento del equipo humano involucrado detrás de lograr el objetivo final.

Así es como a estas alturas de su vida, asume de Gerente del Proyecto Hidroeléctrico Pehuenche de ENDESA.

Todos sabemos que la construcción de proyectos y la concreción de obras requiere condiciones de liderazgo por parte del ingeniero que esté al frente. Pero hay tamaños y tamaños de obras, de complejidades y de requerimientos humanos, de equipos y de recursos materiales y administrativos que requieren coordinarse y afinarse tan perfectamente como lo hace un gran director de orquesta. Y tal vez más. ¿Por qué no decirlo? Este proyecto Pehuenche, pese a sus enormes dificultades, se realizó exitosamente.

A continuación, en 1990, asume la Gerencia Comercial de la Empresa de Ingeniería INGENDESA S.A. Durante ese lapso, también se desempeñó simultáneamente como Secretario Adjunto de la Presidencia en la Comisión de Integración Eléctrica Regional de Latinoamérica, entre otras.

Finalmente, vuelve a destacar cuando asume de Gerente de Inversiones de ENDESA en 1996.

Culmina su carrera profesional como Gerente General de ELECTROGAS, entre 1999 y 2015, en la que se repiten y potencian sus características que ya hemos venido señalando. Ejerce dicho alto cargo hasta que se acoge a jubilación después de 16 años, simultáneamente con cumplir 75 años.

Además, un hombre tan valioso como don Carlos, se prodigó en forma simultánea en otras valiosas iniciativas, que resumimos a continuación:

Numerosas actividades profesionales en el sector energía tanto en Chile como en Venezuela, entre los años 1976 y 1982.

En estudios y proyectos de riego, tales como: Proyecto final del embalse Convento Viejo; Estudio de Factibilidad del Embalse Pirque; Estudio de los Recursos Hidráulicos y Posibilidades del Mejoramiento del Regadío de los Valles de los Ríos Ligua y Petorca; Estudio Valle del río Alicahue (2.600 hectáreas de riego); Estudios de Factibilidad del Canal Jahuel del Embalse La Cerrada y Ampliación Embalse Chada y Estudio de la Política Nacional de Aguas de Chile.

Entre sus actividades académicas, entre los años 1961 y 1982, se desempeñó como ayudante de cátedra, de laboratorio, Profesor Auxiliar y de Cátedra en distintas especialidades en la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile. Como podemos ver nuevamente en esta presentación, don Carlos se fue entregando en cuerpo y alma a su profesión de ingeniero, destacando siempre por la calidad, corrección y excelente relación con todos con quienes tenía que ir alternando en sus trabajos. Además, y con esto concluimos este relato de lo que ha sido la carrera profesional de don Carlos, quien durante todo este tiempo, siempre ha aportado también en el campo gremial a través del Colegio de Ingenieros de Chile, organismo congénere del que hoy nos convoca, que tiene entre sus funciones ilustrar a la sociedad, con estudios e informes, en representación de los colegas y con opinión técnica autorizada, apoyar así a los agentes económicos y a las autoridades públicas nacionales en materias ingenieriles.

Fue elegido en forma consecutiva durante 3 períodos como Presidente del Consejo Metropolitano del Colegio de Ingenieros de Chile. Posteriormente, fue elegido Presidente Nacional en 1996 y completando 30 años en la dirigencia gremial, fue elegido 9 veces seguidas, como integrante del Consejo Nacional de la Orden. Además, ha sido elegido Presidente, consecutivamente desde su fundación el año 1996, de la sociedad Acredita S.A., donde han resaltado sus finas relaciones con sus pares, en la delicada tarea de evaluar los planes y carreras universitarias necesarias de acreditar.

Por los mismo, se entiende que también, desde 1982 a la fecha, haya sido expositor en diversos congresos, seminarios y encuentros sobre el Ejercicio Profesional de la ingeniería y la Formación de los Ingenieros, en Chile.

Preside también la Comisión *APEC Engineers* y le correspondió primero ser vicepresidente y luego presidir la Comisión *ad hoc* para finalizar la construcción de la moderna nueva sede del Colegio de Ingenieros de Chile, inaugurada recientemente este año.

Nunca ha entrado en conflictos y cuando ha tenido que asumir responsabilidades de terceros o en jefaturas, ha actuado siempre en concordancia con el perfil personal y profesional que se ha descrito, mereciendo por lo mismo un reconocimiento en cada oportunidad, en una gestión que continua hacia adelante.

Finalmente, nos está faltando saber de su formación infantil y juvenil: sus estudios de educación primaria los hizo en el Liceo Europeo de Santiago hasta 1948. Posteriormente continúa en el Liceo de Aplicación, en el que sigue el comienzo de su educación secundaria, hasta 1952.

En ese momento da un gran paso y es admitido en la Escuela Militar Bernardo O’Higgins, Allí completa su Educación Secundaria y alcanza, por sus grandes merecimientos, el grado de Brigadier Mayor, que lo desempeña en 1957. La disciplina y liderazgo personal que ejerce, requisitos característicos en esa gran Escuela, lo marcan para bien por el resto de su vida.

A fines de ese año rinde el Bachillerato y gracias a su buen resultado, queda seleccionado para estudiar Ingeniería Civil en la Universidad de Chile. Ingresa en 1958 a esta Escuela de Ingeniería de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile y en 6 años completa su carrera de estudios. Hace su Memoria de Titulación junto con Mario Iglesias Casanueva: “Resaltos en Lechos Trapeciales”, dirigida por el profesor Francisco Javier Domínguez Solar. Sus resultados están publicados en la cuarta edición del texto Hidráulica del profesor Domínguez.

Se titula en 1964, dando comienzo a esta linda historia que les hemos relatado aquí”.

Se podría decir que todo lo dicho hasta ahora es la presentación formal del que anteciedera en el premio a Carlos, Máximo Honorato, y por ello me gustaría tomarme la libertad de hacer unas breves referencias de lo que ha sido compartir mi vida profesional y personal con el homenajeado. Nos conocemos con Carlos desde la época de la Escuela de Ingeniería. Lo recuerdo como uno de nuestros ayudantes en el Laboratorio de

Hidráulica. Después la ENDESA nos junta, él como ingeniero de la Subgerencia de Ingeniería y el que habla, como ingeniero de la Subgerencia de Construcción. Él preferentemente en Santiago y yo en terreno.

- Donde trabajamos codo a codo fue en 1990, cuando se crea INGENDESA. Carlos es nombrado Gerente Comercial, “importantísimo”, era quien debía conseguir la pega con terceros. Sin que sea infidencia, les diré que para el primer año se nos fijó una meta que deberíamos tener en los ingresos con terceros, del 15% de las ventas y la realidad fue que pasamos del 30%. Mérito importante de este logro fue de Carlos y su equipo. La historia fue que a los 4 años de INGENDESA, más del 50% de nuestros ingresos eran de terceros y el 20% del total de los ingresos provenían del extranjero.
- En la INGENDESA éramos 6 gerentes, incluyéndome, de los cuales 3 eran de la cosecha del año 40 y los otros 3 de la cosecha del 42. Siempre en nuestras reuniones de amistad discutíamos cual era la mejor cosecha y debo reconocerte Carlos, que con este premio que hoy se te otorga hay varios puntos buenos que asignar a los de los años 40.
- Podría seguir contando muchas otras cosas que nos unen con Carlos y a modo de ejemplo la última vez que trabajamos juntos fue en la Comisión de Hidroelectricidad de este Instituto, hace dos años, pero creo que es hora de ir terminando, aunque antes quisiera reconocer a quien es la persona más importante para Carlos y me refiero a doña Tere, este premio también es tuyo.

Felicidades a ambos, gracias.

(Aplausos).

*A continuación, el Presidente del Instituto hizo entrega al Ingeniero Andreani del Diploma y Medalla de Honor correspondiente al Premio “Julio Donoso Donoso”. Acto seguido, don Carlos Andreani Luco hizo uso de la palabra para referirse al honor recibido.*

### **Sr. Carlos Andreani Luco:**

—Querido amigo Carlos Mercado: Gracias por la generosa presentación que has hecho sobre mi vida, particularmente de mi actividad profesional.

Comienzo por hacer pública mi sorpresa cuando, un mes atrás, el presidente del Instituto me informó, telefónicamente, que se me había otorgado el Premio Julio Donoso Donoso del presente año. Hoy le pido que acepte mis excusas por lo sobrio que fui en ese momento al no tener palabras para

expresar mi emoción y alegría, al recibir una comunicación tan trascendente como es el reconocimiento del Instituto de Ingenieros de Chile, entidad que representa el más alto nivel y prestigio de la ingeniería civil chilena.

Por eso, ahora debo dejar constancia de mi sincero y profundo agradecimiento a este Instituto y en particular a las autoridades que les correspondió discernir el otorgamiento del este premio.

Comienzo por recordar un proverbio latino que en esta ocasión lo puedo interpretar cómo “lo que la naturaleza no da, la educación no lo otorga”. Para mí significa que en esencia mí naturaleza proviene de la herencia genética que recibí de mis ancestros más directos. Por ello hoy debo compartir esta premiación con ellos y decirles muy brevemente a ustedes quienes fueron.

Soy nieto de Carlos Andreani Sparolini, un joven emigrante italiano que a fines del siglo XIX decidió partir hacia nuestro país, desde su natal Génova, en busca de mejores condiciones para su vida. Al cumplir los 21 años se casó con Sara Jeria Carvajal, una jovencita de solo 17 años residente en Valparaíso, lugar habitual de llegada de los emigrantes de aquella época. Con ella tuvo un solo hijo, mi padre Carlos Andreani Jeria, quien a los 3 años de edad quedó huérfano de madre y a cargo de un padre de 24 años que empezaba a luchar por su subsistencia. No obstante, este difícil inicio, este joven italiano y mi padre pudieron salir adelante y establecer las bases de mi familia, demostrándome que en la vida casi todo se puede. De mi abuela del lado paterno, poco sé debido a su muerte tan prematura; pero deduzco que por sus genes vascos, junto a los de igual origen de mi abuelo materno, Alamiro Luco Orrego, debo haber recibido algo del carácter propio de los vascos.

Mi abuela materna, Corina Zúñiga Saavedra, descendiente de una familia que se pierde en la etapa colonial de nuestro país, fue mi primera formadora ya que mis padres estaban dedicados a la atención de un comercio en la antigua Alameda de las Delicias en el centro del Santiago. De ella recibí el primer ejemplo de una fuerte autoridad aplicada con disciplina y cariño.

Finalmente, mi madre, María Luco Zúñiga, fue una mujer trabajadora con una tremenda y persistente capacidad de entrega durante toda su larga vida, con una especial empatía, especialmente con los más necesitados.

Como ya he dicho, la herencia genética que recibí de todos ellos tiene que haber determinado mi naturaleza, personalidad y capacidades, las que me han permitido tener una de las profesiones que considero más importantes en la sociedad en que me correspondió ejercerla y hacerlo en plenitud y sobre

todo con grandes satisfacciones, a las cuales se le agrega el vivir hoy esta ceremonia.

Mi formación, a temprana edad, en la Escuela Militar la califico como relevante y complementaria a mi posterior formación académica y profesional en lo relacionado con este premio. En efecto, fue allí donde la diaria convivencia en un sistema de internado, fuera del ámbito familiar, unida con un régimen disciplinario formal y exigente, en lo académico y vivencial, sentaron las bases para mi actuar futuro primero en la universidad y luego en mi vida profesional. Convivir estrechamente las 24 horas del día con una amplia gama de personalidades, tanto de compañeros de estudios como de superiores jerárquicos, unido a la constante actuación en equipo que tiene la formación militar, fue determinante para aceptar las diferencias individuales y aprender a aprovecharlas en pos de logros comunes. Así lo hice cuando al cursar el sexto años de humanidades me correspondió estar a cargo de más de un centenar de cadetes de esta prestigiosa academia militar, asumiendo las responsabilidades propias del mando militar; esto es un liderazgo marcado por el ejemplo, empatía frente a diferentes personalidades y capacidad de comunicación, por mencionar las que me resultaron más importantes para el buen cumplimiento de mis funciones.

Mi decisión de dejar el Ejército para emprender el desafío de seguir la carrera de ingeniería civil tiene connotaciones muy personales e íntimas que no puedo compartir; salvo que gracias a este cambio pude casarme a temprana edad con Teresa Valiente Berenguer, mi polola desde los 15 años, con quien hemos completado 55 años de feliz matrimonio, junto con nuestros 5 hijos y hasta ahora 14 nietos.

La formación universitaria en la Escuela de Ingeniería de la Universidad de Chile representó un cambio fundamental en las condiciones y vivencias al pasar de la vida militar a la vida universitaria en dicha Escuela, que como todos sabemos, está caracterizada por una total libertad personal, pero con fuertes exigencias académicas en el conocimiento de gran parte de las ciencias exactas y de la ingeniería con base científica. Estimo que este cambio vino a complementar apropiadamente mi formación anterior y me permitió conocer y compartir amistosamente con compañeros de un amplio espectro de la sociedad, con diferentes personalidades, capacidades e ideas y proyectos de vida tanto en la academia, como en el ejercicio liberal de la profesión.

No puedo dejar de mencionar a quienes fueron mis más cercanos compañeros de estudios durante gran parte de la carrera y que hasta hoy somos grandes amigos: Bernardo Blass Bueno quien por especiales circunstancias de su vida partió muy joven

al extranjero donde la gran preparación que le entregó nuestra escuela de ingeniería llegó a ser un connotado consultor internacional en su especialidad. Lincoln Alvarado Montero y Orlando Moreno Díaz que desde muy temprano fueron los organizadores en los trabajos grupales en la universidad y luego destacados ingenieros en la ENDESA, Jaime Morales Vergara quien siempre agregaba su simpatía para hacer más llevadera las horas de estudios y Mario Iglesias Casanueva con quien hice el trabajo de titulación, quien al igual que yo había cursado estudios en la Escuela Militar.

Terminada mi etapa de estudios universitarios, a comienzos de 1964 tuve la doble fortuna primero por ser contratado por la ENDESA, empresa de reconocido prestigio por la calidad de la ingeniería que realizaba en el desarrollo del Plan Nacional de Electrificación del país, y segundo por integrarme al grupo de estudios del aprovechamiento hidroeléctrico del río Laja, unidad a cargo del distinguido ingeniero don Luis Court Mook a quien considero como el maestro que me formó al inicio de la profesión, tanto en la ingeniería como en lo humano. Vaya a él, en este día, mi profunda admiración y reconocimiento que seguramente comparto con los ingenieros que trabajaron con él.

También tuve el privilegio de conocer y recibir importantes conocimientos de grandes ingenieros que participaban en los proyectos en que inicié mis labores de ingeniero civil hidráulico: Guillermo Noguera, Horacio Mery, Rodolfo Uthemann, Patricio Rodríguez, Álvaro González, y muchos otros que me antecedían en la estructura orgánica de los proyectos.

Debo excusarme por tener que expandirme algo más para resaltar mi trabajo en la ENDESA pues tengo el convencimiento que insertarme tempranamente en la “cultura endésmica” fue lo que modeló mi comportamiento en el ejercicio profesional de la ingeniería. En mi opinión esta cultura se caracterizaba por una dirección empresarial regida por una clara conciencia de la responsabilidad social y económica de la misión de desarrollar el plan de electrificación para el servicio público del país. Una organización bien jerarquizada y estable, constituida por profesionales con la mayor preparación, conocimientos y experiencia en los niveles superiores. Una operación con elevados estándares éticos y técnicos, siendo requisitos básicos el trabajo bien hecho, el perfeccionamiento profesional y el compartir los conocimientos. Y finalmente por un clima laboral de excelencia, sustentado en el respeto y consideración de cada una de las personas que integraban cada equipo de trabajo, independientemente de su nivel de formación profesional.

Fue esa cultura la que me permitió participar en la docencia universitaria de la ingeniería, en el campo gremial al interior

de la ENDESA y finalmente en cargos ejecutivos superiores de esta empresa y de sus Compañías coligadas: INGENDESA S.A. y ELECTROGAS S.A.

Por otra parte, las políticas que tenía ENDESA no desalentaban la participación de los ingenieros en las organizaciones gremiales, como fueron la Asociación de Ingenieros y el Sindicato de Ingenieros de esta empresa. En ambas organizaciones gremiales me correspondió actuar con diferentes cargos directivos logrando mantener una muy buena relación con los asociados, con los representantes de la empresa y con los representantes de las restantes organizaciones gremiales de esta compañía, actuando en las situaciones más difíciles en las relaciones interpersonales y humanas que me ha tocado vivir; pero que me dieron el germen necesario para asumir posteriormente responsabilidades gremiales importantes en entidades relacionadas con la ingeniería.

En efecto, hace 30 años acepté postular a cargos directivos del Colegio de Ingenieros de Chile convencido de la importancia que tienen las instituciones gremiales en el control de la ética y perfeccionamiento profesional, en la formación y habilitación de los ingenieros y en contribuir en forma organizada con el país en los campos en que la ingeniería es relevante para el desarrollo social y económico de la Nación, principalmente.

He sido partícipe de la dirección de ese Colegio, por lo cual he tenido muchas vivencias en que más que entregar mis aportes, he recibido un bagaje de conocimientos y experiencias de grandes ingenieros que se entregan al servicio de la profesión. Destaco al ingeniero Sergio Jiménez Moraga con quien colaboré en el estudio de una organización del Estado para el desarrollo de las obras públicas y que nos permitió proponer al Ministro de Obras Públicas, don Ricardo Lagos Escobar, la creación de una empresa del Estado a cargo de la planificación, diseño y dirección de las obras de infraestructura pública que fuesen entregadas en concesión. En mi opinión, de haberse implementado esta proposición se habría logrado no solo una mayor eficiencia en el manejo de recursos público, sino también contar con un sistema de remuneraciones de sus ejecutivos superiores comparable a los del sector privado, evitándose la difícil situación legal que varios de ellos debieron soportar.

Asimismo, debo mencionar al ingeniero Máximo Honorato Álamos, mi antecesor en el premio Julio Donoso Donoso, y presidente del Colegio de Ingenieros en varios períodos en uno de los cuales lo secundé en mi cargo de vicepresidente. Entre las múltiples actividades que hicimos, fue decidir y organizar la participación del Colegio en la acreditación de las carreras de ingeniería que concluyó con la constitución de la Agencia Acreditadora Colegio de Ingenieros S.A., sociedad que



*Don Carlos Andreani Luco, junto a don Luis Nario y Carlos Mercado, Presidente y Director del Instituto de Ingenieros de Chile, respectivamente.*

estuvo autorizada por la Comisión Nacional de Acreditación como agencia externa hasta que por la ley que recientemente reformó el Sistema Nacional de Aseguramiento de la Calidad de la Educación Superior inexplicablemente se eliminó la participación de las agencias externas en dicho sistema.

Aceptando una invitación del Instituto de Ingenieros, me correspondió participar en la Comisión de Habilitación Profesional y en la Comisión de Hidroelectricidad, encargadas de analizar la situación de la habilitación para el ejercicio profesional de los ingenieros en Chile y el Rol de la hidroelectricidad en nuestro país, respectivamente. Los resultados de estos dos estudios fueron expuestos a las autoridades y socios y están publicados por el Instituto.

Por ello encuentro que no tiene sentido exponer algo al respecto, salvo mencionar que las recomendaciones que se

entregan en estos estudios constituyen una contribución en temas importantes y urgentes de tratar en nuestro país, como lo han sido y lo serán los estudios que se hacen en el seno de esta institución, orgullo de quienes la integramos y de la ingeniería chilena en los 130 años de su existencia.

Termino expresando mis sinceras felicitaciones a la Doctora en Ingeniería señora Marcela Munizaga por el merecido reconocimiento que hoy le hace este Instituto de Ingenieros, por su imponente trayectoria académica y profesional y reiterando mi agradecimiento al Instituto de Ingenieros de Chile por haberme otorgado el premio Julio Donoso Donoso del año 2018.

Muchas gracias

*(Aplausos).*

PREMIO  
“RAMÓN SALAS  
EDWARDS - AÑO 2018”



*Sres. Germán Aroca Arcaya, Alberto Vergara Fernández y Patricio Moreno Casas, premio “Ramón Salas Edwards -Año 2018”, en compañía de don Carlos Mercado, Director del Instituto de Ingenieros de Chile y don Juan David Rayo Calderón, coautor del trabajo galardonado con el mismo premio el año 2017.*

*En solemne ceremonia realizada en el Salón de Honor del Instituto de Ingenieros de Chile, el día viernes 19 de octubre de 2018, se hizo entrega del Premio “Ramón Salas Edwards - Año 2018” a los Ingenieros Sres. Alberto Vergara Fernández, Patricio Moreno Casas y Germán Aroca Arcaya, por su trabajo “Biopurificador de Aire para Ambientes Interiores”.*

*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 en los 5 años anteriores al año en que se otorga dicho premio.*

*Dio inicio a la ceremonia el Director y Ex Presidente del Instituto, Sr. Carlos Mercado, quien en una breve alocución se refirió 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. Juan David Rayo, coautor del trabajo galardonado con el mismo premio el año 2017.*

## El Presidente:

—En el día de hoy el Instituto de Ingenieros de Chile realiza esta ceremonia, con el objeto de entregar el premio “Ramón Salas Edwards”, correspondiente al año 2018.

La labor del Instituto, que este mes cumple 130 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 profesional. En efecto, para el Instituto siempre es una gran ocasión celebrar los logros y merecimientos de los ingenieros que se hacen acreedores a estos premios, no sólo por la alegría que provoca en los galardonados y sus familias, sino también por la satisfacción de reconocer y valorar a quienes han hecho una contribución importante a la sociedad en que vivimos. El reconocimiento por parte de los pares ha tenido una gran importancia desde los inicios de la cultura occidental y hoy es una de esas ocasiones, en que el Instituto de Ingenieros de Chile homenajea a sus laureados.

El premio “Ramón Salas Edwards” ha recaído este año en el trabajo: “Biopurificador de Aire para Ambientes Interiores”, de los autores: Sres. Alberto Vergara Fernández, Patricio Moreno Casas, y Germán Aroca Arcaya.

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 en los 5 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 a Juan David Rayo Calderón, presentar el trabajo premiado 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.

*De acuerdo con lo tradicional, la presentación del galardonado la efectuó el Sr. Juan David Rayo, coautor de trabajo galardonado el año 2017.*

## Sr. Juan David Rayo Calderón:

—Es para mí un gran honor presentar a los galardonados con el Premio “Ramón Salas Edwards 2018”, otorgado por el Instituto de Ingenieros de Chile, para destacar el mejor trabajo científico o tecnológico relacionado con la Ingeniería: “BIOPURIFICACIÓN DE AIRE DE INTERIORES: mejora de la salud, bienestar y productividad” de los autores Dr. Ing. Alberto Vergara Fernández, Dr. Ing. Patricio Moreno Casas, ambos de la Universidad de los Andes y del Dr. Ing. Germán Aroca Arcaya de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso

El profesor Alberto Vergara Fernández es Ingeniero Civil Bioquímico por la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso (1999) y Doctor en Ciencias de la Ingeniería Química por la Universidad Autónoma Metropolitana - Iztapalapa de México (2007). El Dr. Vergara Fernández realizó su doctorado en el estudio de fenómenos de transporte en sistemas de tratamiento biológico de aire. Ingresó a trabajar a la Universidad de los Andes el año 2013 y actualmente es profesor Titular de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Aplicadas. Desde el 2014 se desempeña como Vicedecano Académico de la Facultad.

El Dr. Vergara Fernández es parte de *Green Technology Research Group* y su investigación está principalmente concentrada en desarrollar y diseñar nuevos sistemas de tratamiento biológico de gases.

El profesor Patricio Moreno Casas es Ingeniero Civil en Obras Civiles de la Universidad de Santiago de Chile (2002), M.Sc. en Ingeniería Ambiental de la Universidad de Tennessee, Knoxville (2004) y Ph.D. en Ingeniería Civil de la Universidad de California, Davis (2013), realizando su doctorado en Flujos Multifásicos. Ingresó a trabajar en la Universidad de los Andes el año 2014. Forma parte del *Green Technology Research Group*, que se dedica a resolver problemas de importancia Medioambiental, particularmente desde la perspectiva de la modelación numérica de flujos complejos.

El profesor Germán Aroca es Ingeniero Civil Bioquímico por la Universidad Católica de Valparaíso y obtuvo su grado de Doctor en Filosofía en la Universidad de Reading en Inglaterra. Actualmente es Profesor Titular de la Escuela de Ingeniería Bioquímica de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, donde se ha desempeñado por 30 años. Ha sido Director de la Escuela de Ingeniería Bioquímica y actualmente es Director del Programa conjunto de Doctorado en Biotecnología de las Universidades Católica de Valparaíso y Federico Santa María.

El Dr. Aroca se ha desempeñado en el área de la biofiltración de gases desde hace 18 años. Ha desarrollado más de 10 proyectos de investigación nacionales e internacionales en esta área y ha publicado diversos artículos científicos.

Este trabajo, de carácter científico-tecnológico, fue desarrollado completamente en Chile, por Ingenieros chilenos y financiado por CONICYT a través de su programa FONDEF IdeA. El desarrollo del proyecto, en su primera etapa comenzó formalmente el año 2014, culminando con la solicitud de una patente provisional en Estados Unidos y recientemente una solicitud de Patente PCT, además de la publicación de tres artículos ISI en las revistas de prestigio. Por otro lado, desde marzo del presente año se está desarrollando una etapa de validación de la tecnología a escala piloto bajo condiciones reales de operación, además, de un modelo de Transferencia Tecnológica y de Comercialización con las empresas que han aportado al financiamiento de esta iniciativa.

Esta investigación viene siendo desarrollada hace varios años, reflejándose en una serie de publicaciones en el área, permitiendo establecer las bases para la fase de desarrollo tecnológico y de un producto final.

Como es sabido, Chile tiene serios problemas de calidad del aire. La combustión incompleta de material orgánico, como de la biomasa y combustibles fósiles pueden ingresar profundamente en los pulmones humanos, entrando al torrente sanguíneo, transportando estos tóxicos del aire al resto del cuerpo, afectando al sistema respiratorio, cardiovascular y otros órganos, incrementando la prevalencia en cáncer u otras enfermedades de crónicas.

En muchas ciudades del centro y sur de Chile (Rancagua, Talca, Chillán, Gran Concepción, Los Ángeles, Temuco, Osorno, Valdivia y Coyhaique), el problema de contaminación atmosférica es relevante, y es producto de las estufas y hornos que utilizan leña, las calderas industriales y de edificios con calefacción central operadas con biomasa y combustibles fósiles, y, finalmente la actividad industrial, la cual se ha convertido en la principal fuente de tóxicos del aire tanto de gas como fase sólida, disminuyendo de forma importante la calidad del aire urbano en espacios abiertos así como en el interior de edificaciones.

La contaminación de aire de interiores es un problema complejo que debe considerar, agentes biológicos (mohos y esporas), y contaminantes gaseosos. Estos últimos contaminantes, se sospecha que sean los responsables de la mayor causa de disminución de la Calidad de Aire de Interiores (CAI), asociados a problemas de salud y el llamado síntoma del “Edificio Enfermo”.

Hoy sólo unos pocos informes que evalúan las posibles tecnologías de reducción existentes actualmente se encuentran disponible. Una gran mayoría de estos tóxicos del aire provienen desde el exterior, situación que se agrava cuando existe una baja calidad del aire exterior, producto de la combustión de biomasa para calefacción, que permita ventilar los espacios interiores y mejorar así la calidad del aire. Es por esto último necesario buscar, estudiar e investigar tecnologías que permitan la eliminación de los contaminantes de interiores sin tener que ingresar aire exterior.

Estos antecedentes llevaron a plantear la necesidad de desarrollar un estudio de investigación aplicada que permitió establecer los parámetros críticos de eficiencias de biodegradación de mezclas de contaminantes de interiores, incluyendo al BaP como modelo de biodegradación de los HAP, estableciendo los criterios de escalamiento para la potencial aplicación de tecnologías biológicas en la purificación de aire de interiores.

Esto establece una oportunidad para poder implementar este tipo de tecnologías biológicas reconocidas como amigables con el ambiente, aportando en forma concreta y rápida en la solución a un problema que está afectando directamente la salud de las personas en el corto y mediano plazo.

Para esto, se realizó la investigación que permitió mejorar aquellos aspectos que hicieron más eficiente estos sistemas de biopurificación de aire de interiores.

Para el desarrollo tecnológico de la biopurificación de aire de interiores fue necesario mejorar nuestra comprensión de los mecanismos fundamentales de captación de los COVs y su biodegradación por los consorcios microbianos involucrados, los procesos de transferencia de masa que están ocurriendo y el efecto de los parámetros ambientales como la humedad, temperatura y flujo de aire en la eficiencia del sistema, entre otros.

Basado en estos antecedentes las hipótesis de trabajo de la primera etapa del proyecto fueron las siguientes:

Para el desarrollo tecnológico del biopurificador de aire de interiores a escala piloto en un ambiente en condiciones reales necesario, en primer lugar, mejorar y optimizar el diseño escala laboratorio (basado en la patente presentada), de manera que asegure que el escalamiento a nivel piloto pueda cumplir con los estándares

alcanzados a escala laboratorio (*scale-up*), para ello será necesario analizar y establecer cuáles serán los parámetros claves de escalamiento del biopurificador. Para ello es necesario optimizar los regímenes de flujo que pasan a través del lecho filtrante, de manera que los microorganismos tengan un flujo homogéneo de aire y que este cumpla con los parámetros mínimos para la obtención de una alta eficiencia en una mezcla real de contaminantes. Por lo tanto, parte de este desarrollo se enfocará en el diseño y su optimización basada en la mecánica de fluidos computacional (CFD) del biopurificador y del ambiente de interior, de manera de asegurar que los gases presentes sean transportados hasta el biopurificador, y que posteriormente estos pasen distribuidos en forma homogénea en el interior del lecho biológico.

Por otro lado, para el desarrollo del proceso de investigación de la operación del biopurificador a escala piloto (en condiciones reales), se utilizarán los contaminantes reales presentes en un ambiente de interior, para ello se realizará una línea base que permita establecer los criterios que definan el buen funcionamiento del equipo, bajo las condiciones de operación reales de temperatura y humedad, al ser contaminando con gases provenientes de la combustión de biomasa.

Basado en estos antecedentes las hipótesis de trabajo son las siguientes:

Todos estos aspectos deben ser investigados para realizar una contribución a la aplicación tecnológica de estos sistemas a escala real, principalmente el desempeño del biopurificador a nivel piloto en un ambiente real, que permita verificar su funcionamiento frente a una mezcla de gases variable en tipo y concentración. Esto permitirá verificar y modificar aspectos de diseño para adaptar la tecnología validada a escala laboratorio en una escala piloto.

Muchas gracias.

(*Aplausos*).

*A continuación, el Ex Presidente del Instituto Sr. Carlos Mercado, procedió a hacer entrega del Diploma de Honor y una Medalla recordatoria a los Ingenieros Sres. Alberto Vergara Fernández, Patricio Moreno Casas y Germán Aroca Arcaya. Acto seguido, don Alberto Vergara, en nombre de los galardonados, manifestó sus agradecimientos por la distinción otorgada en los siguientes términos:*

### **Sr. Alberto Vergara Fernández:**

—Estimadas autoridades del Instituto de Ingenieros de Chile, autoridades de la Universidad de los Andes y de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso presentes.

Estimados colegas y amigos, es para nosotros un placer y gran orgullo estar presentes en esta ceremonia de entrega del Premio Ramón Salas Edwards 2018, otorgado por el Instituto de Ingenieros de Chile, al trabajo científico-tecnológico más destacado en el campo de la Ingeniería, desarrollado en Chile. Este orgullo no es solo por el trabajo aquí premiado, si no por todo el esfuerzo que es representado en este premio, que realizan día a día los académicos que dedican su tiempo a la investigación y desarrollo tecnológico en nuestras Facultades y Universidades. Además, recibir un premio con el nombre de tan destacado Ingeniero en Chile, sin duda es un doble honor.

No puedo iniciar este agradecimiento sin recordar al ingeniero Ramón Salas Edwards, quien estudió en el Colegio San Ignacio, y luego en la Universidad de Chile, donde se recibió de Ingeniero Civil en 1904. Realizó estudios de matemáticas superiores tanto en la Universidad de Columbia (NY, EE.UU., 1913) como en la Sorbonne en París, además realizó estancias en varios centros incluyendo el College de France (1921-1922). Ramón Salas Edwards fue Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Católica (1918-1924), pero, además de su conocida trayectoria como ingeniero, tuvo un particular interés por la matemática y la física. En la década de los 1920's, hizo varias publicaciones para difundir la Teoría de la Relatividad de Einstein. Recibió numerosos honores de organizaciones internacionales.

Luego de esta breve introducción, en primer lugar, quiero agradecer a Dios, por permitirnos mediante nuestra investigación difundir el mensaje de que el trabajo bien hecho y dedicado en búsqueda de la verdad y las circunstancias ordinarias siempre son ocasión de encuentro con Dios, de servicio a los demás y de mejora de la sociedad. También quiero agradecer al Instituto de Ingenieros de Chile por este reconocimiento, sobre todo considerando el gran nivel de las diferentes propuestas participantes.

Por otro lado, creo que es este el mejor momento de agradecer a la Facultad de Ingeniería y Ciencias Aplicadas de la Universidad de los Andes y la Facultad de Ingeniería de la PUCV, y a las diferentes autoridades de estas Casas de Estudio por el tiempo entregado, apoyo y confianza para llevar a cabo esta idea y otras, a la Dirección de Innovación de ambas universidades por su ayuda en la presentación y ejecución que permitió llevar a cabo los proyectos con los cuales fue desarrollada esta tecnología, en especial a Danilo Segovia y Anil Sadarangani. También quiero agradecer a mi Decano, Jaime Anguita, por la confianza depositada en mí, para poder entregar mi experiencia en el desarrollo de la Innovación tecnológica en la facultad.

En segundo lugar, quiero agradecer a FONDEF de CONICYT que ha financiado el desarrollo de esta tecnología en sus diferentes etapas, inicialmente mediante la comprobación de la prueba

de concepto a escala laboratorio y actualmente a escala piloto, a través de su instrumento FONDEF IdeA en dos Etapas, representado en Pamela Reyes, Coordinadora del Área Agua, Energía y Medioambiente y la ejecutiva de los Proyectos involucrados, Andrea Hinojosa, quien nos ha acompañado en todo este camino. También quiero agradecer a las empresas involucradas en el desarrollo de esta idea, Montajes Inoxidables Ltda. y Filtro Aguas Ltda., destacando la participación y compromiso del Gerente General de Filtro Aguas José Luis Pinto, gracias por sus ideas y confianza.

En tercer lugar, también quiero agradecer a las diferentes personas que han jugado un rol importante en el desarrollo de este trabajo y que no están presentes en esta premiación, pero que sin ellos este no hubiese podido desarrollarse, al Dr. Felipe Scott, la Dra. Paulina Morales, al Dr. Sichem Guerrero de la Universidad de los Andes por el apoyo y trabajo diario en la ejecución de los proyectos en el laboratorio y en la discusión de informes y artículos, y por supuesto en la ayuda a la solución de los diferentes problemas que siempre se presentan en este tipo de investigaciones, al Dr. Manuel Cáceres de la PUCV por el tiempo dedicado en el laboratorio al estudio inicial de los microorganismos utilizados, al Dr. Sergio Revah de la Universidad Autónoma Metropolitana - México, al Dr. Raúl Muñoz de la Universidad de Valladolid - España, y a la Dra. Cécile Hort de la Universidad de Pau - Francia, por sus consejos y tiempo para visitarnos y entregar su experiencia en la mejora del desarrollo tecnológico, y por supuestos a los diferentes alumnos de pregrado y postgrado que han aportado su grano de arena.

### ¿Cómo nace la idea y su motivación?

En Chile actualmente existen serios problemas de calidad del aire, principalmente material particulado, aerosoles y sustancias tóxicas del aire, entre ellos hidrocarburos policíclicos aromáticos y compuestos orgánicos volátiles. Actualmente en Chile, existen dieciséis Planes de Descontaminación Ambiental vigentes, abarcando a gran parte del territorio nacional, no existiendo aún medidas que logren disminuir en forma efectiva los niveles de contaminación, aun con los planes de descontaminación. Esto muestra claramente la vigencia del problema en el país y la necesidad de desarrollar, adaptar y mejorar tecnologías que sean capaces de minimizar, así como eliminar los contaminantes presentes en el ambiente.

Unos de los principales grupos de interés, en este trabajo y que son considerados contaminantes altamente peligrosos son los hidrocarburos policíclicos aromáticos, los que afectan al sistema respiratorio, cardiovascular y otros órganos, incrementando la prevalencia en cáncer u otras enfermedades de crónicas.

La contaminación del aire en Chile se ha mantenido por varios años consecutivos como el principal problema ambiental para los

chilenos, según los resultados de la Tercera Encuesta Nacional del Medio Ambiente, dada a conocer recientemente por el Ministerio de Medio Ambiente. Los resultados mostraron que el 38,4% consideró que el principal problema ambiental del país es la contaminación atmosférica. Respecto de la actividad más contaminante del aire, a nivel nacional destaca el uso de leña para calefacción (32,7%), el transporte (30,5%) y las industrias (28,1%). Por otro lado, es normal que en las mismas ciudades donde existen problemas de contaminación del aire, durante el período de invierno, los centros de salud estén colapsados por el gran número de visitas relacionadas con enfermedades respiratorias y cardiovasculares, principalmente en niños y ancianos.

La mala calidad del aire en interiores y exteriores es un problema mundial con enormes consecuencias para la salud de las personas y con diferentes efectos económicos sobre la sociedad, poniendo menos atención por lo general a los efectos causados por la mala calidad de aire en interiores, siendo sin embargo este el que tiene un contacto más directo y de mayor tiempo con las personas, a diferencia del aire de exteriores. Si bien las concentraciones de los contaminantes en muchas ocasiones (no siempre) son más altas en exteriores, la exposición en interiores es de mayor tiempo, alcanzando las personas a pasar aproximadamente entre 19 a 20 h/d en ambientes de interiores.

### Solución propuesta

De acuerdo a lo indicado anteriormente existe una necesidad de investigación y desarrollo de dispositivos específicos de purificación de aire de interiores que permitan purificar y circular el aire dentro de edificios, casas, centros comerciales, entre otros. Esta fue la propuesta desarrollada de la cual se generó una tecnología compacta y modular que puede ser implementada en diferentes ambientes con aire confinado, sin necesidad de realizar una canalización de los gases. Esta tecnología si bien fue validada a escala laboratorio, para una aplicación industrial ha sido necesario realizar pruebas en un ambiente a escala real, con un biopurificador escala piloto y con diferentes pruebas de operación y mejora del diseño de manera que valide el escalamiento de la tecnología.

El diseño de purificadores biológicos de aire requiere del desarrollo de nuevas tecnologías para la transferencia de masa altamente eficiente de los contaminantes (del aire al catalizador biológico) con el fin de permitir altos flujos volumétricos de tratamiento, manteniendo altas eficiencias. Los purificadores biológicos actualmente en operación, basado en tecnologías botánicas, han mostrado algún potencial en la purificación de aire de interiores, pero están limitados por su baja capacidad de tratamiento. La propuesta desarrolló una solución que permite transferir de forma más eficiente los COVs y HAPs a una fase acuosa/biopelícula. Estos problemas de transferencia de masa, asociados al diseño de

purificadores biológicos de aire de interiores se deben a la utilización de las teorías tradicional de transferencia de masa y adsorción microbiana para predecir el efecto de la concentración de los contaminantes en los purificadores biológicos. Sin embargo, estos mecanismos no son completamente válidos cuando está presente una fase biológica. Una alternativa para aumentar la transferencia de masa y solubilidad de este tipo de contaminantes es la utilización de hongos filamentosos, de los cuales se ha sugerido que sus micelios aéreos, que están en contacto directo con la fase gaseosa, pueden promover la absorción directa de COVs e HPAs desde la fase gaseosa. Debido a esto la propuesta de investigación desarrollada, logro establecer que al utilizar un consorcio microbiano entre bacterias y hongos mejora la transferencia de masa y por otro lado acelera la biodegradación de los contaminantes biodisponibles.

Quiero también indicar que este no es un trabajo reciente, y menos el final de una línea de investigación, más bien quiero entenderla como el inicio de un nuevo desafío, diferente a la investigación tradicional a la que estamos acostumbrados los académicos, si no al desafío de transferir esta tecnología en beneficio de la sociedad. Esta línea de investigación es el resultado de 10 años de trabajo, varios proyectos y publicaciones en el estudio de los fenómenos de transporte en sistema de tratamiento biológico de aire y de comprender el problema de contaminación por combustión de biomasa en forma personal (viví varios años en Temuco).

Es importante también destacar que durante el desarrollo de la tecnología de biopurificación, son múltiples los hitos que se han desarrollado, de los cuales queremos destacar los siguientes:

- a. La adjudicación del proyecto FONDEF ID14i10130, “Biopurificación de Aire de Interiores (escala laboratorio)” y el FONDEF ID14i20130, “Biopurificación de Aire de Interiores (escala piloto)”, además de un proyecto FAI de financiamiento interno de la Dirección de Investigación de la Universidad de los Andes, “Estudio para mejorar el diseño hidrodinámico de biofiltros de aire de interiores a escala piloto”. Proyectos en los cuales trabajamos y estamos trabajando para mejorar el diseño y las características operacionales del biopurificador, además de realizar la ingeniería de detalle que permita su posterior construcción a una escala productiva.

Por otro lado, durante el desarrollo de la tecnología, se obtuvo diferente información, la cual permitió la publicación de tres artículos en revistas ISI:

1. Vergara-Fernández A., S. Revah, P. Moreno-Casas, F. Scott. Biofiltration of volatile organic compounds using fungi and its conceptual and mathematical modeling. *Biotechnology Advances*. 36: 1079-1093. (2018).
2. Vergara-Fernández A., D. Yáñez, P. Morales, F. Scott, G. Aroca, L. Diaz-Robles, P. Moreno-Casas. Biofiltration of benzo[?] pyrene, toluene and formaldehyde in air by a consortium of

*Rhodococcus erythropolis* and *Fusarium solani*: Effect of inlet loads, gas flow and temperature. *Chemical Engineering Journal*. 332: 702-710. (2018).

3. Morales P., Cáceres M., Scott F., Diaz-Robles, Aroca G., Vergara-Fernández A. Biodegradation of benzo[?]pyrene, toluene and formaldehyde from the gas phase by a consortium of *Rhodococcus erythropolis* and *Fusarium solani*. *Applied Microbiology and Biotechnology*. 101(87), 6765-6777. (2017).

Además, un capítulo de libro:

1. Alberto Vergara-Fernández, Felipe Scott, Patricio Moreno-Casas, Sergio Revah. Chapter 11. Removal of gaseous pollutants from air by fungi. In: *Fungal Bioremediation: Fundamentals and Applications*. Ed. Araceli Tomasini and Hugo León-Santesteban, (2018), CRC Press Taylor & Francis Group.

Además, fue realizada una solicitud de patente provisional en Estados Unidos y una solicitud de patente en la Unión Europea:

1. Vergara-Fernández Alberto, Moreno-Casas Patricio, Aroca German. Apparatus and Device for Air Purification. EFS ID: 29341633, Application Number: 6212402. Provisional Patent. U.S. Department of Commerce. (2017)
2. Vergara-Fernández Alberto, Moreno-Casas Patricio, Aroca German. A Filtering Apparatus and Method for Treating Polluted Air in Indoor Spaces. Submission Number 05370, Application Number PCT/IB2018/053784. Receiving Office: International Bureau of the World Intellectual Property Organization. Reference 2018-0289WO. (2018)

Finalmente, fueron realizadas 7 tesis, entre pregrado y postgrado, con alumnos de 4 diferentes Universidades.

Entonces, espero no haberlos aburrido mucho con esta historia. Quiero agradecer a todos lo que están presentes, por acompañarnos en este momento tan importante, en especial a mis colegas y amigos Dr. Germán Aroca, quien confió en mí desde el inicio de esta investigación y desde el inicio de mi carrera profesional y al Dr. Patricio Moreno, por participar y embarcarse en esta apuesta desde un área de trabajo muy diferente a la de su formación. Finalmente, pero personalmente lo más importante quiero agradecer a mi familia, a mi esposa Jessica San Martín por su tiempo, sus ideas, conversaciones y motivación para que iniciar esta línea de investigación dada su experiencia profesional en el tratamiento de aire de interiores (fue su idea), a mis hijos Francisco, Luciano y Maira por el apoyo y comprensión que han tenido por todo el tiempo que pasé en el laboratorio o reuniones y que no pude compartir con ellos, los quiero mucho.

Muchas gracias

(Aplausos).

## PREMIOS A LOS ALUMNOS DESTACADOS DE INGENIERÍA CIVIL - AÑO 2018



*Alumnos galardonados con los premios “Marcos Orrego Puelma”, “Ismael Valdés Valdés” y “Roberto Ovalle Aguirre”, junto a las autoridades del Instituto y de sus respectivas Casas de Estudio.*

*El viernes 5 de octubre de 2018, 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 2018.*

*El Sr. Luis Nario Matus, Presidente del Instituto, inició este solemne acto con una breve y significativa alocución en la que destacó el fundamento de cada premio.*

**PREMIO “MARCOS ORREGO PUELMA”**

Este premio, 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 y Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, de la promoción del año inmediatamente anterior al del otorgamiento del premio.

**PREMIO “ISMAEL VALDÉS VALDÉS”**

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, y
3. La preparación técnica.

**PREMIO “ROBERTO OVALLE AGUIRRE”**

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 autor o 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.

*Acto seguido, el Presidente, Sr. Luis Nario Matus, procedió a hacer entrega de los correspondientes galardones:*

**Premio “Marcos Orrego Puelma - Año 2018”**

Universidad de Chile, Catalina Paz Álvarez Inostroza; P. Universidad Católica de Chile, Rodrigo Adolfo González Troncoso; Universidad de Concepción, Eliana Belén Sepúlveda Villalobos; U. Técnica Federico Santa María, Valentina Sofía Cortés Roncagliolo; Universidad de Santiago de Chile, Bastián Solanille Parra; Universidad Diego Portales, Yamil Jaqueih Jarufe; P. Universidad Católica de Valparaíso, Daniel Piña Silva.

**Premio “Ismael Valdés Valdés - Año 2018”**

Universidad de Chile, Carolina Mayol Cotapos; P. Universidad Católica de Chile, Daniel Ignacio Gajardo Orellana; Universidad de Concepción, Jaime Andrés Jiménez Ruiz; U. Técnica Federico Santa María, Josefa Ehlen Ortega; Universidad de Santiago de Chile, Víctor Flores Collao; Universidad Diego Portales, Jorge Andrés Aguirre Sanhueza; P. Universidad Católica de Valparaíso, Valentina Hernández Klenner.

**Premio “Roberto Ovalle Aguirre - Año 2018”**

Universidad de Chile, Hugo Godoy Valle; P. Universidad Católica de Chile, Tamara Akentjew Faure; Universidad de Concepción, Felipe Ravanal Matte; U. Técnica Federico Santa María, Margarita Guerrero Salazar; Universidad de Santiago de Chile, Román Tapia Díaz; Universidad Diego Portales, Ignacio Eckolt Bolívar; P. Universidad Católica de Valparaíso, Valentina Fernández Cordero y Nathalie Ulloa Jiménez.

*A continuación, el Ingeniero Víctor Flores Collao de la Universidad de Santiago de Chile, en representación de los premiados expresó sus agradecimientos, en los siguientes términos:*

**Sr. Víctor Flores:**

—Sr. Presidente del Instituto de Ingenieros de Chile, señores Decanos, representantes de los Decanos, miembros y socios del Instituto de Ingenieros de Chile, familiares, amigos y amigas. Antes que todo, quisiera agradecer la oportunidad de dirigir estas palabras en representación de todos mis colegas galardonados, al Instituto de Ingenieros por realizar esta actividad y particularmente a mi familia, ya que gracias a ellos he conseguido todas mis metas y anhelos.

Cuando escribía estas palabras, me pregunté qué mensaje podría entregar, ya que entre los premiados existe múltiples diferencias: sexo, especialidad profesional, institución de egreso, motivaciones e intereses, ciudad de origen, entre múltiples otros factores. Entonces la pregunta era, ¿cómo puedo enfatizar un mensaje ante tanta diversidad?

Me encontraba ante un problema con múltiples variables y bastantes formas de resolución, no obstante, tenía que ser capaz de generar la mejor respuesta. Esa que optimice el recurso tiempo, que obtenga la máxima ganancia de satisfacción para todos los oyentes y que además fuese innovador ante otros discursos. Algo así, como un algoritmo matemático.



*Premio “Marcos Orrego Puelma - Año 2018”:* Universidad de Chile, Catalina Paz Álvarez Inostroza; P. Universidad Católica de Chile, Rodrigo Adolfo González Troncoso; Universidad de Concepción, Eliana Belén Sepúlveda Villalobos; U. Técnica Federico Santa María, Valentina Sofía Cortés Roncagliolo; Universidad de Santiago de Chile, Bastián Solanille Parra; Universidad Diego Portales, Yamil Jaqueih Jarufe; P. Universidad Católica de Valparaíso, Daniel Piña Silva.



*Premio “Ismael Valdés Valdés - Año 2018”:* Universidad de Chile, Carolina Mayol Cotapos; P. Universidad Católica de Chile, Daniel Ignacio Gajardo Orellana; Universidad de Concepción, Jaime Andrés Jiménez Ruiz; U. Técnica Federico Santa María, Josefa Ehlen Ortega; Universidad de Santiago de Chile, Víctor Flores Collao; Universidad Diego Portales, Jorge Andrés Aguirre Sanhueza; P. Universidad Católica de Valparaíso, Valentina Hernández Klenner.



*Premio “Roberto Ovalle Aguirre - Año 2018”:* Universidad de Chile, Hugo Godoy Valle; P. Universidad Católica de Chile, Tamara Akentjew Faure; Universidad de Concepción, Felipe Ravanal Matte; U. Técnica Federico Santa María, Margarita Guerrero Salazar; Universidad de Santiago de Chile, Román Tapia Díaz; Universidad Diego Portales, Ignacio Eckolt Bolívar; P. Universidad Católica de Valparaíso, Valentina Fernández Cordero y Nathalie Ulloa Jiménez.

Es ahí donde pude comprender lo mucho que ha influido mi formación de ingeniero, no tan solo en lo profesional, sino también en situaciones cotidianas. Porque ¿Cuántas veces nos enfrentamos a desafíos, donde tenemos que entregar soluciones innovadoras, que optimice los recursos existentes y que maximice las ganancias? Sin duda esta disyuntiva es habitual en nuestros trabajos y era la primicia de nuestros profesores.

Algo que todos tenemos en común, es que somos ingenieros, Pero ¿qué significa esto? La etimología en inglés es: “Hombre de Maquina”, para la RAE: persona que discurre con ingenio las trazas y modos de conseguir o ejecutar algo. No obstante, la sociedad nos categoriza como calculadoras andantes, cuadrados y cerrados.

El lenguaje construye realidades y tenemos una responsabilidad como ingenieros ante esto. Muchas veces nos limitamos a cumplir con nuestro trabajo y recibir nuestras remuneraciones. El Instituto de Ingenieros, por medio de esta premiación, nos hace un llamado especial a cada uno de nosotros.

A los que reciben el premio “Marcos Orrego Puelma” por medio de su compañerismo, podrán generar siempre la buena relación entre los colegas en base del apoyo mutuo y cívico,

ya que el país necesita de todo su capital humano. A los galardonados con: “Roberto Ovalle Aguirre” por medio de sus investigaciones en la industria, serán capaces de generar soluciones sostenibles en el tiempo, convierto a Chile en una gran potencia. Finalmente, los “Ismael Valdés Valdés” por medio de nuestro liderazgo debemos generar paradigmas de sociedades más equitativa, mejorando la calidad de entendimiento entre el ser humano y su entorno.

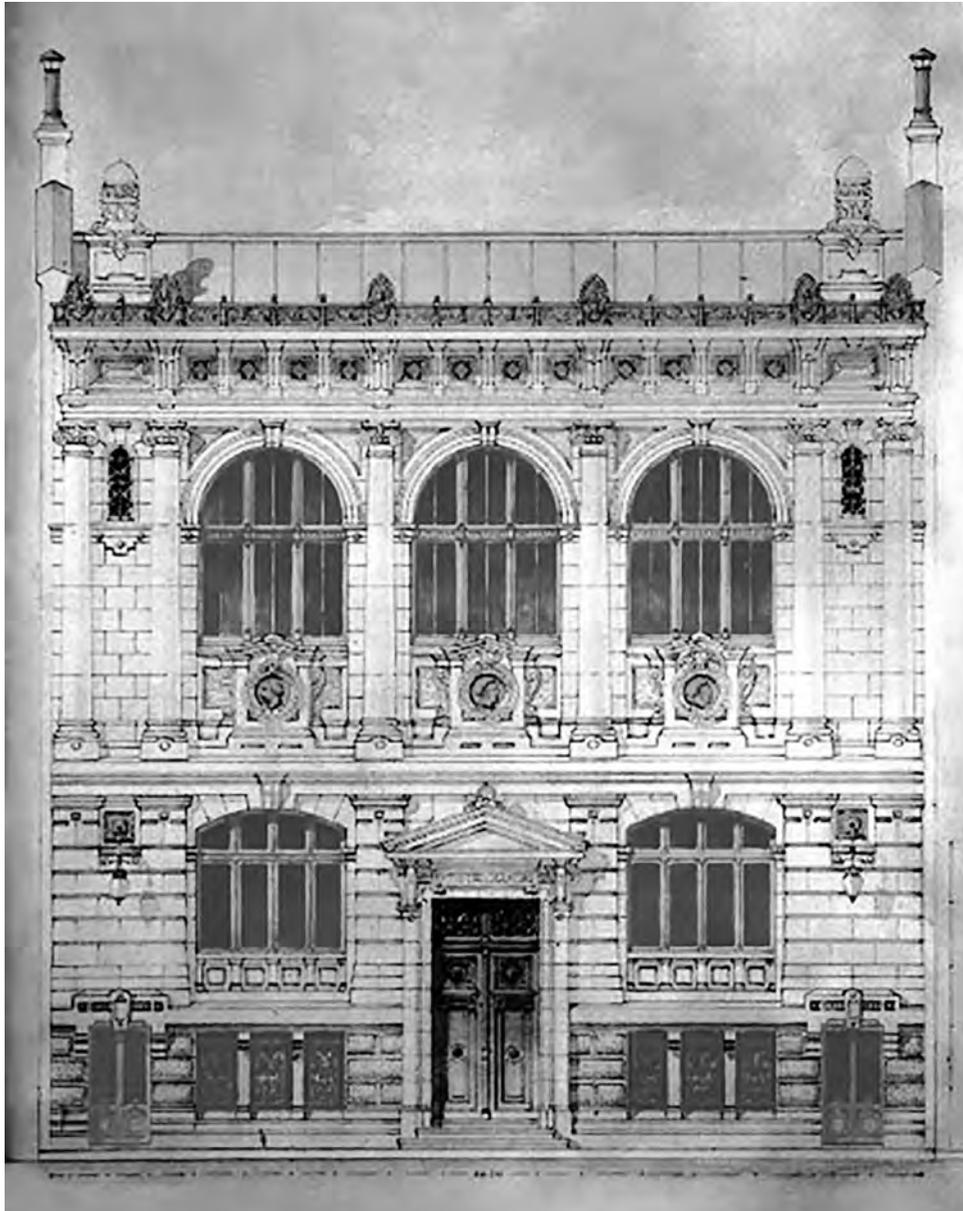
El desafío no es fácil, y cada vez que el camino se haga difícil, recuerden siempre: “Labor laetitia nostra”, que significa: El trabajo es nuestra alegría.

Estimados Colegas, poseemos una responsabilidad social; con nuestra profesión podemos mejorar considerablemente la calidad de vida de las personas”. Estamos en deuda con nuestra nación, ya que estoy convencido, que al asumir a cabalidad nuestro rol como ingenieros, sacaremos a nuestro país del subdesarrollo.

Muchas gracias.

(Aplausos).

## 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 presentan dos extractos de las entrevistas realizadas al ingeniero Tomás Guendelman Bedrack y a la ingeniera Silvana Cominetti Cotti-Cometti. Estas entrevistas, como las que se hagan a futuro, serán objeto de una publicación especial.

## LUIS VALENZUELA

### Un ingeniero tenaz y porfiado.

Desde pequeño, el padre de Luis fue poniendo como temas de conversación aquellos que tuviesen que ver con la ingeniería, y él se dio cuenta, con el tiempo, que probablemente lo preparaba para una gran decisión. De este modo, se empezó a interesar por hacer cosas que pudieran tener materialidad, es decir, que tuvieran existencia física. Así llegó a la ingeniería.

No obstante lo anterior, Luis es el único ingeniero civil en una familia de siete hermanos. Escogió la Universidad de Chile para estudiar y entre los profesores que más recuerda están Igor Saavedra en Física y Arturo Árias en Mecánica Racional. Clases que según relata, terminaban con aplausos, no solamente por los detalles técnicos, sino por la forma en que se presentaban y cómo entusiasmaban a los alumnos. También recuerda a otros profesores que lo influenciaron, el decano Enrique d'Etigny, una persona que lo impresionó por su calidez y por sus altos valores éticos; el profesor Moisés Mellado y su particular sentido del humor; y el profesor Joaquín Monge, un personaje muy querido y valorado por los alumnos. En el último año de ingeniería, tuvo de profesor a Tomás Guendelman quien recién volvía de Estados Unidos. De él recuerda que les decía: “Con estas herramientas, ustedes pueden abordar los problemas más complejos sin tener que esperar muchos años para poder hacerlo”. Esto empoderaba a los alumnos y les abría los ojos al mundo del futuro.

En la Universidad se interesó por la acción social de la FECH, y participó en las campañas de alfabetización en poblaciones. También participó en algunas actividades deportivas, incluso practicando Judo. En el mundo universitario, todo era novedad para él.

Entre los ramos de interés, recuerda la Mecánica de Suelos y Fundaciones, que era una especialidad todavía en desarrollo en el país. Finalmente fueron éstas las que definieron su especialidad profesional.

Al salir de la universidad, trabajó con el profesor de Mecánica de Suelos Fernando Martínez, y luego pasó al Centro de Investigaciones Minero Metalúrgicas (CIMM) para ayudar a formar el Departamento de Mecánica de Rocas, junto con otros ingenieros jóvenes.

Posteriormente viajó a Inglaterra a realizar estudios de posgrado en la especialidad. Con el apoyo del British Council y el auspicio de la Universidad de Chile viajó a Londres para estudiar en el Imperial College of Science and Technology



y además tomó algunos cursos de mecánica de rocas en el Royal School of Mines.

Después de Inglaterra, fue a trabajar a Brasil donde participó en un proyecto que incluía utilizar una técnica de construcción de presas por relleno hidráulico, técnica que había sido abandonada en Estados Unidos después de algunas fallas importantes, pero que los rusos habían seguido empleando. Era un proyecto innovador en el mundo occidental y por lo tanto representaba cierto riesgo. En la actualidad las grandes presas de arena de relaves mineros que se hacen en Chile, utilizan esta técnica de relleno hidráulico.

Trabajó dos años en la empresa Hidroservice, luego fue contratado por la empresa Themag donde participó en el proyecto de detalle de varias presas, siendo las más importantes las de la central hidroeléctrica de Tucuruí en el río Tocantins del río Amazonas. Después regresó definitivamente a Chile por razones familiares, cuando ya tenía tres hijos que quería crecieran cerca de sus abuelos.

En el año 1981 formó una empresa con Roberto Lástrico, y con Pablo Talloni. Ese fue el inicio de Geotécnica Consultores. Luego de dos años de esfuerzo, participaron en una licitación que les cambió la vida. La Compañía Minera Disputada de Las Condes (CMDLC), en esa época de propiedad de Exxon Minerals, decidió desarrollar el proyecto de un nuevo depósito de relaves en el valle central. A pesar de ser ellos, una oficina considerablemente menor se le invitó a la licitación.

El proyecto global consideraba también un proyecto de gran magnitud de abastecimiento de agua a la planta en Los Bronces. Esa propuesta fue ganada por la firma ICC-Conic, que en su oferta había incluido a Geotécnica como encargada de la parte geotécnica y obras de tierra. Dado este hecho, CMDLC les pidió que se unieran las dos firmas, formando así la empresa ICG Ingeniería que abordó ese complejo proyecto, uno de los más importantes asignados en la minería en esa época. Este fue un paso inicial que les permitió transformarse después en una de las oficinas de ingeniería importantes del país.

Al cabo de unos años llegaron a ser una empresa conocida en el ámbito geotécnico y de medio ambiente, pero también de desarrollo de importantes proyectos como el nuevo colector de ESVAL y el aeropuerto de Santiago. Ante la disyuntiva de seguir creciendo, lo más conveniente fue asociarse a una gran empresa internacional. Finalmente, esto se hizo mediante la venta de parte de la empresa en 1997, dando origen a Arcadis Geotécnica. Años después la empresa pasó completamente a manos de Arcadis. Todo ese proceso fue un gran desafío para los socios de Geotécnica Consultores, que a partir de 1996 incluía también al ingeniero Ricardo Nicolau.

Fuera de la geología, hay otra profesión que ha tenido gran influencia en su carrera, ésta es la arquitectura. El motivo de ello, es el estar casado con una arquitecta muy destacada, Carolina Blejer, con quien ha compartido su vida desde los tiempos de la Universidad.

Además, Luis Valenzuela se destaca por ser socio fundador de la Sociedad Chilena del Derecho de la Construcción y apoya, entre muchas actividades, la administración de un campo familiar en Requinoa. Ha sido conferencista en universidades, tanto en Chile como en México, y ha participado en congresos y charlas en varios países. También participó en un curso online de la Clase Ejecutiva de la Universidad Católica, que se confeccionó a partir de dos informes, uno de los cuales fue el de “Factores de éxito y fracaso en grandes proyectos de inversión” que hizo la comisión que él presidió en el Instituto de Ingenieros.

Ha tenido participación en varias instituciones relacionadas con la ingeniería o con la actividad empresarial de la ingeniería. Fue Vicepresidente de la ISSMGE por Sur América,

secretario y Presidente de la Sociedad Chilena de Geotecnia (SOCHIGE); Presidente de la Asociación de Empresas de Ingeniería (AIC); Director de la Federación Panamericana de Ingeniería de Consulta (FEPAC); miembro del Instituto de Ingenieros de Minas de Chile (IIMCH) y participó varios años en la comisión sobre depósitos de relaves, comisión que llegó a proponer un nuevo decreto o reglamento; a nivel internacional, trabajó en la iniciativa auspiciada por Naciones Unidas sobre desastres naturales, formando parte de un comité enfocado en deslizamientos de tierra; como miembro de la International Commission on Large Dams en Chile (ICOLD Chile) ha colaborado en varios seminarios y congresos. Durante más de 10 años fue Presidente del Comité mixto para los Tratados de Libre Comercio del Colegio de Ingenieros e Instituto de Ingenieros, comité que asesoró y apoyó al Ministerio de Relaciones Exteriores en la negociación de dichos tratados en relación a los servicios de ingeniería. Lidera actualmente el panel de expertos de un importante proyecto en CODELCO, el nuevo nivel mina de El Teniente.

Entre tantas actividades, tal vez una que le ha producido mayor satisfacción, es el haber apoyado a muchos ingenieros en su formación después de egresar.

Para Luis Valenzuela el valor de la honestidad es el más importante y ha podido apreciar que hay áreas de negocios donde ella no está presente, y por ello, se esfuerza constantemente en transmitirlo. En este sentido, le ha tocado incluso suspender obras con toda la presión que pueda haber significado. En ello no transa.

A Luis Valenzuela le gustaría que lo recordaran como un hombre de bien, honesto, y por supuesto, como un ingeniero capaz y responsable. En la actualidad, le preocupa la incidencia del factor humano en la estabilidad e impacto ambiental de los grandes depósitos de relaves. Como él dice, son obras que si fallan, pueden producir desastres significativos que impactarían no sólo al entorno y comunidades aledañas, sino que también a la propia compañía y a toda la industria minera.

A las nuevas generaciones les envía un mensaje: “no se preocupen tanto por la especialidad, ocúpense de tener una buena formación básica y de interactuar con otras áreas e inclusive con otras profesiones. Para desarrollar la especialidad tendrán mucho tiempo”.



**SRA. XIMENA VARGAS M.**

Ximena Vargas ingresó a la carrera de ingeniería, a instancias de su padre, que era ingeniero civil eléctrico de la Universidad Técnica Federico Santa María. En su familia predominan los ingenieros, dos de sus hermanos, su marido, dos de sus cuñados y dos de sus 3 hijas son ingenieros.

En el colegio, Ximena tenía un buen desempeño académico, especialmente en matemáticas, por lo que lo más natural era que siguiera alguna carrera relacionada con esa disciplina. Tenía además un gran interés por la astronomía, motivado por una profesora que tuvo en un curso de Introducción a las Ciencias de la Tierra, que era astrónoma. En el tercer año sin embargo se decidió por la carrera de Ingeniería Civil, derivando finalmente a la ingeniería hidráulica.

Destaca que en su estadía en la universidad tuvo muy buenos profesores, tanto los que eran académicos de jornada completa como los profesionales de jornada parcial. Algunos de ellos fueron posteriormente sus colegas en el ámbito académico y profesional.

Al terminar sus estudios en la Escuela de Ingeniería, la contrataron como académica en la sección de Hidráulica del Departamento de Ingeniería Civil, sección que se fusionó posteriormente con Hidrología y Riego y se formó el Centro de Recursos Hidráulicos. En este Centro realizó sus primeros estudios en el área de sedimentos para dedicarse posteriormente a la hidrología, área a la que ha dedicado su vida académica y profesional.

Ximena Vargas participó en varias modificaciones que se realizaron a los planes de estudio de la Facultad; inicialmente, en el año 1997, como Jefe Docente del Departamento, realizando algunos cambios puntuales y luego, en el año 2007, involucrándose activamente en la iniciativa CDIO (Concebir, Diseñar, Implementar y Operar), iniciativa a nivel mundial, en la que participan más de 150 universidades del mundo y que busca que los estudiantes de ingeniería incorporen el aprendizaje activo y empiecen a trabajar desde los primeros años en resolver problemas concretos de ingeniería. Esta iniciativa se mantiene hasta el presente y se ha extendido a otras universidades del país.

En el ámbito profesional, Ximena Vargas ha participado en un gran número de proyectos de modelos hidráulicos contratados a la Universidad de Chile por mandantes externos, como fue el caso de la chimenea de equilibrio de la Central Colbún, el vertedero del embalse Santa Juana, la Central Alfalfal y el vertedero del embalse Melado de la Central Pehuenche,



además de realizar consultorías en su especialidad en diferentes oficinas de ingenieros o para clientes.

Actualmente, lidera el proyecto de actualización del balance hídrico nacional de la Dirección General de Aguas del Ministerio de Obras Públicas.

Ximena Vargas considera que uno de los aspectos críticos en la formación y en el ejercicio profesional es la ética. En su opinión, actualmente existen muchas faltas a la ética y en ocasiones, quienes las cometen, no están conscientes de que faltando a ella. Un ejemplo de ello son los ingenieros que se presentan a un proyecto sin tener las competencias necesarias. La ingeniería, señala Vargas, es una profesión, en la que un error puede causar daños a la propiedad y a las personas, por lo que es necesario que los profesionales no solamente tengan los conocimientos necesarios, sino que además, se mantengan actualizados en ellos, especialmente en las áreas más críticas.

En su opinión, es necesario cambiar sustancialmente el enfoque con que se están formando los ingenieros, en la mayoría de las universidades. Es preciso que los estudiantes se acerquen desde los primeros años, a la resolución de problemas reales, promoviendo el conocimiento de lo que van a enfrentar en el futuro profesional. Uno de los grandes avances, en la mayoría de las carreras de ingeniería, ha sido la introducción en primer año de un curso tipo taller en el que el alumno se ve enfrentado a desarrollar un proyecto, en ocasiones desde la conceptualización hasta su implementación. Este proceso,

que debe ser continuo a lo largo de la carrera, requiere construir espacios de trabajo adecuados para estos fines y contar con las herramientas y equipos necesarios para incentivar y desarrollar habilidades interpersonales, como el trabajo en equipo.

Ximena Vargas cree que el énfasis que se ha puesto hoy en la formación no es el indicado. Se ha puesto el acento en el trabajo en equipo, el liderazgo, la innovación y muchas universidades han estado introduciendo este tipo de cursos, como cursos obligatorios, en desmedro de cursos de ciencias básicas. En su opinión, la visión de que los alumnos que egresen deben ser líderes e innovadores no es acertada ya que la mayoría de los ingenieros civiles, no lo son. Algunos han hecho emprendimientos y han sido innovadores, pero la mayoría se ha dedicado, principalmente, al ejercicio de su profesión de una forma tradicional, trabajando en una empresa, ascendiendo a medida que logran más experiencia laboral.

En su opinión, es necesario además entregar las herramientas para que en el futuro los ingenieros se capaciten y no pensar que todo debe ser aprendido en la universidad. En cuanto a

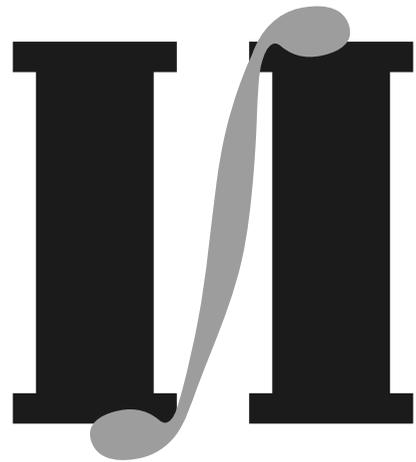
cómo desarrollar habilidades de liderazgo e innovación, indica que éstas debieran fomentarse ya sea mediante actividades planificadas en cursos regulares de la carrera y en la participación en acciones formativas extracurriculares.

En relación a un tema que está hoy tan vigente como la discriminación de género, Ximena Vargas explica que, al ser en su casa seis hermanos, cinco mujeres y un hombre y asistir siempre a un colegio de mujeres, siempre su vida fue con mujeres por lo que al llegar a una Facultad en la que sólo el 10% eran mujeres, si bien fue algo distinto, lo más difícil no fue integrarse con el resto de sus compañeros, sino que la Escuela no tenía una infraestructura adecuada para las mujeres. A pesar de ello, nunca tuvo problemas desde el punto de vista de género ni de trato con los profesores, ni en su vida académica ni tampoco en su vida profesional.

En relación al futuro de la profesión, Ximena Vargas cree que, si bien los ingenieros actualmente interactúan más con sus pares de otras disciplinas, aún les falta relacionarse con otros profesionales como abogados, sociólogos, arquitectos, biólogos, médicos, entre otros.



ISSN 0716 - 2340



**ANALES  
DEL INSTITUTO  
DE INGENIEROS DE CHILE**

**Vol. 130, N° 3 - DICIEMBRE 2018**

*“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. 130, N° 3, diciembre de 2018.**

### **Contenido**

<b>COMPORTAMIENTO DE CONEXIONES DE PLANCHA EXTREMA EXTENDIDA 4ES EN PORTICOS ESPECIALES RESISTENTES A MOMENTO.</b>	Pág. 85
C. Abella, M. Muñoz, G. Pannillo y J.C. Vielma.	
<b>DIAGNÓSTICO DEL TRABAJO EN EQUIPO EN ESTUDIANTES DE INGENIERÍA EN CHILE.</b>	Pág. 99
Rodrigo F. Herrera, Felipe C. Muñoz y Luis A. Salazar.	
<b>MUJERES EN INGENIERÍA: EL CASO DE INGENIERÍA UC.</b>	Pág. 111
Isabel Hilliger, Magdalena Gil, Mar Pérez-Sanagustín, Loreto Valenzuela y Juan Carlos de la Llera.	
<b>NATURALEZA DE LA FUERZA DE ARRASTRE EN MEDIOS GRANULARES.</b>	Pág. 117
Francisco Martínez, Antoine Seguin, Corentin Coulais, Yann Bertho y Philippe Gondret.	

Editor

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

Comité Editorial

**Rodolfo Saragoni H.**, Asociación Chilena de Sismología e Ingeniería Antisísmica (ACHISINA)

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

**José Vargas B.**, Sociedad Chilena de Ingeniería Hidráulica (SOCHID)

**Daniela Pollak A.**, Sociedad Chilena de Geotecnia (SOCHIGE)

**Juan Carlos Herrera M.**, Sociedad Chilena de Ingeniería de Transporte (SOCHITRAN)

**Alonso Barraza San M.**, PMI Santiago Chile Chapter (PMI, Capítulo Chileno)

**Mario Letelier S.**, 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.

# **COMPORTAMIENTO DE CONEXIONES DE PLANCHA EXTREMA EXTENDIDA 4ES EN PORTICOS ESPECIALES RESISTENTES A MOMENTO.**

C. Abella<sup>1</sup>, M. Muñoz<sup>1</sup>, G. Pannillo<sup>2</sup>, J. C. Vielma<sup>3</sup>

---

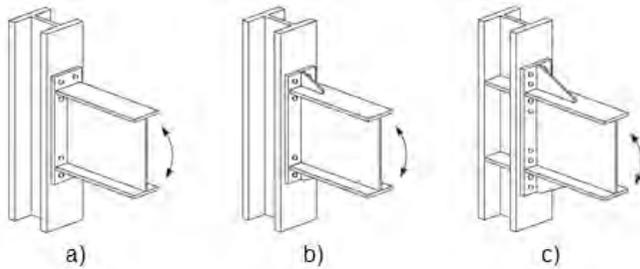
<sup>1</sup> Ingeniería Civil en Obras Civiles, Universidad Católica de Temuco. Temuco, Chile.

<sup>2</sup> Departamento de Ingeniería Estructural, Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado. Barquisimeto, Venezuela.

<sup>3</sup> Escuela de Ingeniería Civil. Pontificia Universidad Católica de Valparaíso. Valparaíso, Chile.

## 1. INTRODUCCION.

La conexión de plancha extrema extendida resistente a momento (Extended End Plate), incluida dentro del documento ANSI/AISC 358 (1), es una conexión que ha sido utilizada mundialmente para pórticos especiales resistentes a momentos, cuyos requerimientos apuntan a una adecuada capacidad de disipación de energía. La conexión consiste en una plancha de acero soldada al extremo de la viga, que queda unida al ala de la columna por medio de pernos de alta resistencia completamente tensionados. Este tipo de conexiones pueden ser utilizadas con rigidizadores entre la plancha y el ala de la viga.



**Figura 1.** Conexiones típicas de plancha extrema. Cuatro pernos sin rigidizador (4E) b) Cuatro pernos con rigidizador (4ES) c) Ocho pernos con rigidizador (8ES). ANSI/AISC 358 (1).

Existen tres configuraciones de este tipo de conexión, que fueron estudiadas, ensayadas y adoptadas por el ANSI/AISC 358 (1) como conexión precalificada para ser utilizada en zonas de alta amenaza sísmica (Figura 1).

La normativa venezolana para el diseño de estructuras de acero COVENIN 1618 (2) no establece un procedimiento de diseño para las conexiones de plancha extrema, por esta razón, el proyectista de estructuras de acero se ve obligado a revisar otras normativas que contengan los lineamientos a seguir para este tipo de conexiones.

El diseño de estructuras se basa en la elaboración de un modelo matemático que refleje las condiciones a las que estará sometida la estructura. Para ello se utilizan programas cada vez más avanzados que permiten una mejor representación del comportamiento de la estructura. Actualmente, el diseño de estructuras y sus conexiones se realizan en programas de cálculo distintos, obligando al proyectista a pasar datos de un programa a otro. Por otra parte, dentro del diseño de las conexiones, generalmente se verifican los requisitos

normativos dejando de lado el comportamiento de la conexión. El PME v2.0 (3) es un programa para análisis y diseño de pórticos basados en los lineamientos establecidos en el AISC 360 (4) y AISC340 (5), asimismo, realiza el diseño de conexiones End-Plate 4ES según la AISC358 (1) y describe el comportamiento de la conexión basados en los trabajos de Shi *et al* (6), Wang *et al* (7) y Yang y Eatherton (8).

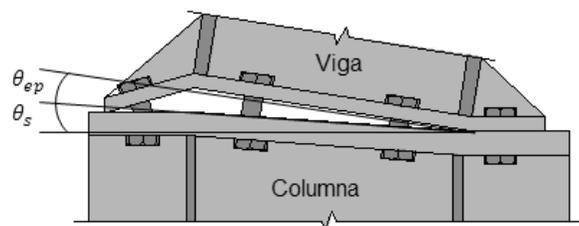
## 2. MODELOS DE COMPORTAMIENTO.

### 2.1 MODELOS DE CONEXIONES. COMPORTAMIENTO GLOBAL.

Dentro del comportamiento global de conexiones End-Plate, se mencionan y describen los trabajos realizados por Shi *et al* (6), Wang *et al* (7) y Yang y Eatherton (8).

#### 2.1.1 Modelo teórico de Shi *et al.* 2007 (6).

Shi *et al.* Desarrollaron un modelo de comportamiento para conexiones de plancha extrema extendida rigidizadas. El comportamiento de la conexión se divide en distintas componentes, incluyendo la zona panel, los pernos, la plancha extrema y el ala de la columna. Este modelo se basa en la superposición de la rotación debida a la zona de panel, con la rotación del conjunto ala de columna-Plancha extrema (Figura 2).



**Figura 2.**

Experimentalmente estas rotaciones fueron medidas sobre cinco probetas, de geometría conocida. Este modelo analítico puede evaluar con precisión el comportamiento rotacional de las conexiones de plancha extrema extendida, así como la curva momento-rotación y la rigidez rotacional inicial. Además, puede analizar todas las contribuciones a la

deformación rotacional de la articulación, como son, la deformación por corte de la zona del panel, la extensión del perno, la deformación por flexión de la placa de extremo y el alma de la columna, etc. Este modelo también proporciona curvas momento-rotación que establecen una base para analizar el comportamiento detallado de las conexiones de placa de extremo extendida.

### 2.1.2 Modelo simplificado de Wang *et al.* 2013 (7).

Wang *et al.* Desarrollaron un modelo simplificado para determinar el comportamiento de las conexiones de plancha extrema extendida mediante de curvas Momento-Rotación.

Para representar el comportamiento se utiliza un modelo tri-lineal de la curva  $M - \theta$  (Figura 3). Ellos proponen el comportamiento de cada tramo en función de la rigidez inicial  $K_e$ .

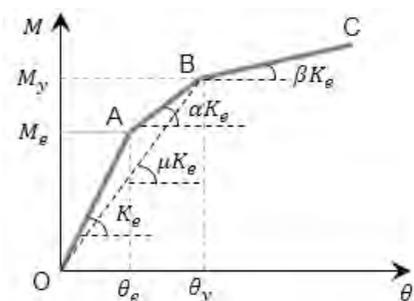


Figura 3. Modelo tri-lineal Momento-Rotación (7).

Tramo OA: El primer tramo de comportamiento está definido por la pendiente  $K_e$  y la capacidad elástica a flexión de la conexión  $M_e$ . Esta última se determina como el mínimo entre: La capacidad elástica a flexión  $M_{eb}$  controlada por los pernos de la primera fila, la capacidad elástica a flexión  $M_{ep}$  de la plancha en la zona cercana a la primera fila de pernos y la capacidad elástica  $M_{es}$  a flexión debido al corte en la zona panel. Para efectos de cálculo de las capacidades elásticas, se reemplaza  $F_y$  por  $0,8F_y$ .

La pendiente  $K_e$  representa la rigidez inicial a flexión y se determina según la expresión:

$$K_e = \frac{M}{\theta} = \frac{E_o t_{fc}^{1.056} t_{wc}^{0.143} h_c^{0.242} h_b^{2.578} t_{fb}^{0.05} t_{wb}^{0.311} t_{dbl}^{0.124} t_{db}^{1.168}}{h_{up}^{2.22}} \quad (1)$$

Tramo AB: El segundo tramo de comportamiento está definido por la pendiente  $\mu K_e$  y la capacidad cedente a flexión de la conexión  $M_y$ . Esta última se determina como el mínimo entre: La capacidad cedente a flexión  $M_{yb}$  controlada por los pernos de la primera fila, la capacidad cedente a flexión  $M_{yp}$  de la plancha en la zona cercana a la primera fila de pernos y la capacidad cedente  $M_{ys}$  a flexión debido al corte en la zona panel.

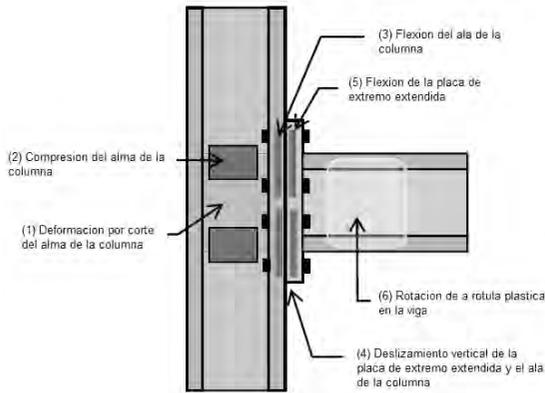
$$\mu = \left( \frac{M_y}{M_e} \right)^{2.7} \quad (2)$$

$$\theta_y = \frac{M_y}{K_y} \quad (3)$$

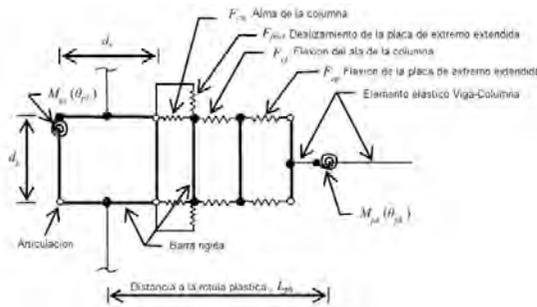
Tramo BC: Representa la zona de endurecimiento de la conexión, la pendiente en esta zona de comportamiento es  $\beta K_e$ . El valor de  $\beta$  varía entre 0,03 y 0,05.

### 2.1.3 Modelo global basado en componentes. Yang y Eatherton 2014 (8).

Yang y Eatherton investigaron el comportamiento sísmico de la conexión de plancha extrema extendida, identificando cada componente de la conexión que tiene influencia en el comportamiento global de la misma, proponiendo para cada uno relaciones constitutivas en función de las propiedades geométricas y mecánicas. El comportamiento general de la conexión depende de la rigidez aportada por los elementos que la componen, y sus ensayos se basaron en instrumentar y medir las deformaciones de los componentes de la conexión (Figura 4 y 5).



**Figura 4.** Identificación de los componentes del modelo analítico. Yang y Eatherton (8).



**Figura 5.** Modelo analítico de los componentes de la conexión. Yang y Eatherton (8).

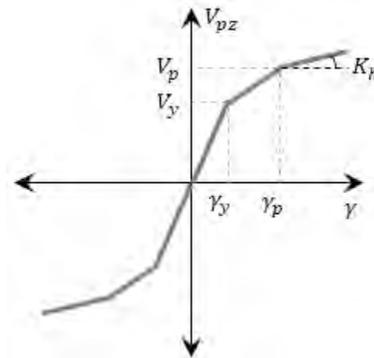
Los modelos analíticos desarrollados fueron comparados con resultados experimentales obtenidos del ensayo de seis probetas a escala 1:1. Finalmente analizan los resultados y recomiendan en función al comportamiento de cada componente.

## 2.2 MODELOS DE COMPORTAMIENTO PARA LOS COMPONENTES DE LA CONEXIÓN.

Los modelos de componentes se basan en una recopilación de modelos presentados en el trabajo de Yang y Eatherton (8).

### 2.2.1 Deformación de la zona panel. Krawinkler 1971 (9).

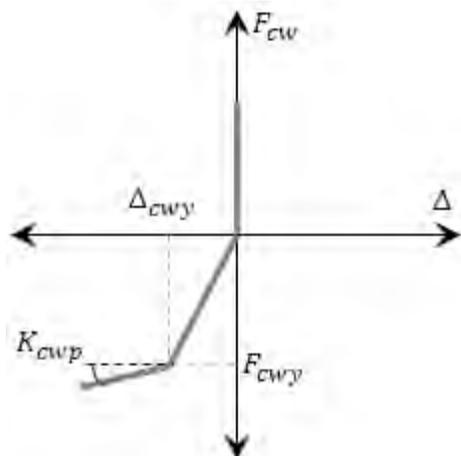
En 1971 Krawinkler *et al.* formularon un modelo sencillo que logra representar el comportamiento de la zona panel. El modelo propuesto consiste en una relación tri-lineal, donde se relaciona la fuerza de corte en la zona panel y la distorsión por corte, **Figura 6.**



**Figura 6.** Modelo de comportamiento de la zona panel (9).

### 2.2.2 Plastificación del alma de la columna. Yee y Melchers 1986 (10).

El modelo de comportamiento para la plastificación del alma de la columna está basado en el trabajo realizado por Yee y Melchers y es representado por medio de una relación Fuerza-Deformación como se muestra en la Figura 5.



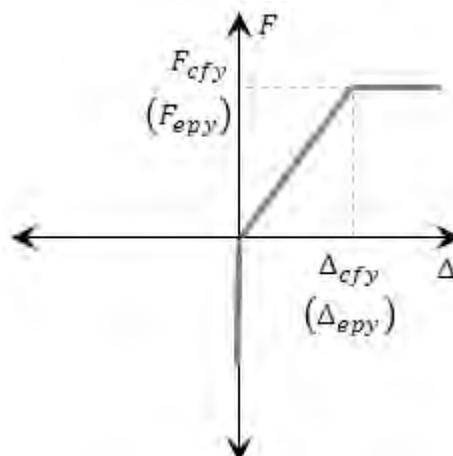
**Figura 5.**  
Modelo de comportamiento del alma de la columna (10).

Este modelo busca determinar las deformaciones producidas por la plastificación del alma de la columna debidas a las fuerzas de compresión transmitidas por el ala de la viga.

Dónde:  $t_{bf}$  es el espesor del ala de la viga,  $l$  es el espesor total de la soldadura de filete de la viga a la plancha extrema extendida,  $t_{ep}$  es el espesor de la plancha extrema y  $k$  es la distancia desde el borde externo del ala de la columna hasta la raíz de la curva que une el alma con el ala de la columna.

### 2.2.3 Flexión del ala de la columna y de la plancha extrema extendida. Yee y Melchers 1986 (10).

Yee y Melchers propusieron un modelo elasto-plástico perfecto para representar el comportamiento del ala de la columna cuando está sometida a flexión y para la plancha extrema extendida (Figura 7).



**Figura 7.** Modelo de comportamiento del ala de la columna y de la plancha extrema extendida (10).

### Flexión del ala de la columna

La fuerza que produce plastificación en el ala de la columna se determina como el mínimo valor de las siguientes expresiones:

$$F_{cfy} = \min(F_{cfy2}, F_{cfy1}) \quad (4)$$

$$F_{cfy1} = F_{yc} t_{cf}^2 \left( 3,14 + \frac{0,5C}{m+n} \right) + \frac{4F_{ub} A_b n}{m+n} \quad (5)$$

$$F_{cfy2} = F_{yc} t_{cf}^2 \left( 3,14 + \frac{2n+C-d_{bh}}{m} \right) \quad (6)$$

Donde  $m$  es la distancia desde el eje del perno hasta el borde alma de la columna y se determina como  $m = (A - t_{cw})/2$ ,  $n$  es la distancia desde el eje del perno hasta el borde del ala de la columna  $n = (b_{cf} - A)/2$ , siendo  $A$  es la distancia horizontal entre pernos de una misma línea,  $C$  es la distancia vertical entre pernos (Suponiendo una fila de pernos por encima y por debajo del ala de la viga),  $F_{ub}$  es el esfuerzo ultimo del perno,  $A_b$  es el área del perno,  $d_{bh}$  es el diámetro del agujero en la plancha para el perno.

$$l_{cf} = b_{cf} - t_{cw} \quad (7)$$

$$\alpha_{cf} = \frac{b_{cf} - A}{2l_{cf}} \quad (8)$$

$$w_{cf} = a + b + \frac{t_{bf}}{2} \quad (9)$$

Siendo  $a$  la distancia desde el eje del perno hasta el borde de la plancha extrema extendida y  $b$  es la distancia desde el eje del perno hasta la cara del ala de la viga.

La deformación plástica para el ala de la columna es:

$$\Delta_{cyf} = \frac{F_{cfy}}{K_{cf}} \quad (10)$$

### Flexión de la plancha extrema extendida.

Para la plancha extrema extendida la fuerza que produce plastificación en la plancha extrema se calcula según la siguiente expresión:

$$F_{epy} = F_{yp} t_{ep}^2 \left( \frac{2b_{ep}}{C - t_{bf} - 2l} + \frac{2p}{A - t_{bw} - 2l} \right) \quad (11)$$

Donde  $p = 0,60(d_b - t_{fb})$ . Los valores de  $l_{cf}$  y  $l_{ep}$  son las longitudes efectivas para la columna y la plancha extrema extendida respectivamente y están basados en la analogía del T-Equivalente (T-Stub).

La pendiente en la zona elástica del modelo se calcula como:

$$K_{ep} = \frac{8E}{Z_{ep}[1 - q(3\alpha_{ep} - 4\alpha_{ep}^3)]} \quad (12)$$

$$Z_{ep} = \frac{l_{ep}^3}{w_{ep} t_{ep}^3} \quad (13)$$

$$\alpha_{ep1} = 1,5\alpha_{ep} - 2\alpha_{ep}^3 \quad (14)$$

$$\alpha_{ep2} = 6\alpha_{ep}^2 - 8\alpha_{ep}^3 \quad (15)$$

$$w_{ep} = \frac{b_{ep}}{2} \quad (16)$$

$$l_{ep} = 2(a + b) \quad (17)$$

$$\alpha_{ep} = \frac{a}{l_{ep}} \quad (18)$$

Siendo  $a$  la distancia desde el eje del perno hasta el borde de la plancha extrema extendida y  $b$  es la distancia desde el eje del perno hasta la cara del ala de la viga.

La deformación plástica para la plancha de extremo extendida es:

$$\Delta_{epy} = \frac{F_{epy}}{K_{ep}} \quad (19)$$

Para pernos pretensados: El efecto de la fuerza del perno sobre la rigidez de la conexión se calcula de la siguiente manera:

$$q = \frac{Z_{ep}\alpha_{ep1} + Z_{cf}\alpha_{ep2}}{(Z_{ep}\alpha_{cf1} + Z_{cf}\alpha_{cf2}) + \frac{k_2 k_3^*}{2A_b(k_2 + k_3^*)}} \quad (20)$$

$$k_2 = l_s + 1,43l_t + 0,91l_n + 0,4l_w \quad (21)$$

$$k_3^* = \frac{t_{ep} + t_{cf}}{5} \quad (22)$$

Donde  $l_s$  es la longitud medida desde base de la cabeza del perno hasta la parte roscada,  $l_t$  es la longitud roscada del perno dentro de la plancha extrema extendida,  $l_n$  es el espesor de la tuerca, y  $l_w$  es dos veces el espesor de la arandela.

Para pernos ajustados (snug-tight): El efecto de la fuerza del perno sobre la rigidez de la conexión se calcula de la siguiente manera:

$$q = \frac{Z_{ep}\alpha_{ep1} + Z_{cf}\alpha_{ep2}}{(Z_{ep}\alpha_{cf1} + Z_{cf}\alpha_{cf2}) + \frac{k_1 + 2k_4}{2A_b}} \quad (23)$$

$$k_1 = l_s + 1,43l_t + 0,71l_n \quad (24)$$

$$k_4 = 0,1l_n + 0,2l_w \quad (25)$$

## 2.2.4 Deslizamiento de la plancha extrema extendida. Kim et al 2010 (11).

El modelo de comportamiento que se utiliza para representar el mecanismo de deslizamiento vertical entre la plancha extrema extendida y la columna es el propuesto por Kim et al. (Figura 8).

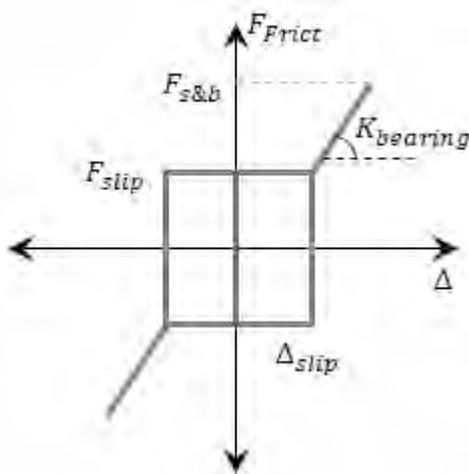


Figura 8. Modelo de comportamiento para deslizamiento de la plancha extrema extendida (11).

En general, el comportamiento se puede dividir en tres etapas:

La primera etapa se caracteriza por el incremento de la fuerza de fricción debido a la carga, sin embargo, esta fuerza no supera la fuerza máxima de fricción  $F_{slip}$ , por tanto, se desprecia cualquier desplazamiento asociado.

La segunda etapa queda definida por el desplazamiento súbito de la plancha cuando la carga alcanza la fuerza máxima de fricción  $F_{slip}$ , en este caso el desplazamiento es igual a la mitad de la holgura entre los agujeros y el perno.

La tercera etapa está controlada por la capacidad del perno, bien sea por corte o aplastamiento. En este caso la pendiente se determina según:

$$k_{bearing} = 120(F_{yc}t_{fc}; F_y t_p)_{min} d_{bo}^{0.8} \quad (26)$$

## 3. PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO.

A continuación se describe la metodología utilizada para resolución del análisis estático y dinámico lineal de pórticos, diseño de los miembros y verificaciones para la conexión según lo establecido en la Normativa ANSI/AISC (1)(4)(5). La elaboración de las curvas de comportamiento global está basada en los modelos de Shi et al (6), Wang et al (7). Adicionalmente, los modelos de comportamiento de los componentes están basados en el trabajo de Yang y Eatherton (8).

### 3.1 Análisis estático lineal.

El análisis estático lineal se basa en resolver dos problemas: el problema global y el problema local.

El problema global se enfoca en determinar los desplazamientos y las reacciones. Para ello se ensambla la matriz de rigidez de cada miembro en una matriz de rigidez global  $\mathbf{K}$  en función de los grados de libertad.

$$\mathbf{F} = \mathbf{K}\mathbf{D} \quad (27)$$

Las fuerzas internas y las deformaciones se determinan resolviendo el problema local. En este caso se utiliza la matriz de rigidez  $\mathbf{K}_e$  de cada miembro. Los desplazamientos en los extremos de cada miembro se obtienen utilizando la matriz de transformación de desplazamientos.

$$\mathbf{f} = \mathbf{K}_e \mathbf{d} \quad (28)$$

### 3.2 Análisis dinámico modal.

El problema dinámico modal consiste en resolver la ecuación característica o problema de autovalores y autovectores, donde  $\mathbf{K}$  es la matriz de rigidez global y  $\mathbf{M}$  es la matriz de masas.

$$\text{Det}[\mathbf{K} - \omega_n^2 \mathbf{M}] = 0 \quad (29)$$

Los valores de  $\omega_n$  pueden ser arreglados convenientemente en una matriz diagonal conocida como matriz espectral  $\mathbf{\Omega}^2$ .

$$\mathbf{\Omega}^2 = \begin{bmatrix} \omega_1^2 & 0 & 0 \\ 0 & \ddots & 0 \\ 0 & 0 & \omega_n^2 \end{bmatrix} \quad (30)$$

De igual forma, los vectores encontrados también pueden ser arreglados en una matriz cuadrada:

$$\phi = \begin{bmatrix} \phi_{11} & \dots & \phi_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \phi_{n1} & \dots & \phi_{nn} \end{bmatrix} \quad (31)$$

La matriz  $\phi$  es conocida como matriz modal o matriz de la forma deformada, donde la columna  $i$  representa la forma deformada de la estructura para la frecuencia circular  $\omega_i$ . Los valores obtenidos para los vectores  $\phi$  son valores relativos. En la práctica es muy común normalizar respecto a la masa, esto se logra de la siguiente manera:

$$\phi^T M \phi = I \quad (32)$$

### 3.3 Análisis dinámico espectral.

Dentro del análisis dinámico espectral se determina la respuesta máxima probable de la estructura. La Norma COVENIN 1756:2001 (12) plantea espectros de diseño en función de la ubicación de la estructura y tipo de suelo entre otros, donde se relaciona el periodo de vibración de la estructura con la aceleración horizontal del terreno. Los desplazamientos horizontales de la estructura quedan definidos por medio de la siguiente ecuación:

$$u_{ij} = \phi_{ij} \Gamma_i A_i g \left[ \frac{T_i}{2\pi} \right]^2 \quad (33)$$

Donde  $u_{ij}$  es el desplazamiento del grado de libertad,  $\Gamma_i$  es el factor de participación modal,  $A_j$  es la aceleración obtenida del espectro de diseño para el periodo  $T_i$ ,  $g$  es el valor de la gravedad, todos ellos para el modo de vibración  $i$  del grado de libertad  $j$ .

Los desplazamientos pertenecientes a los grados de libertad diferentes a los horizontales, pueden ser encontrados utilizando la rigidez de la estructura. La respuesta total de la estructura se consigue combinando los valores obtenidos para cada modo de vibración mediante ecuaciones probabilísticas que permiten obtener la respuesta máxima probable debido al movimiento de terreno, esto debido a que la respuesta en cada modo de vibración ocurre en diferentes

instantes de tiempo. Entre los métodos de combinación modal se pueden mencionar:

**Método SRSS:** El método SRSS (Square Root of the Sum of Squares) estima la respuesta en función de los valores máximos, donde  $N$  es el número de modos.

$$R = \sqrt{\sum_{i=1}^N R_i^2} \quad (3.28)$$

**Método CQC:** El método CQC (Complete Quadratic Combination) es un método que toma en cuenta el acoplamiento estático entre modos cercanos basados en la teoría de vibración aleatoria. La respuesta se estima como:

$$R = \sqrt{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N R_i \rho_{ij} R_j} \quad (3.29)$$

Donde  $N$  es el número de modos, en el cual los coeficientes modales  $\rho_{ij}$  pueden aproximarse por:

$$\rho_{ij} = \frac{8\xi^2(1+r)r^{3/2}}{(1-r^2)^2 + 4\xi^2r(1+r)^2} \quad (3.30)$$

Donde  $\xi$  es la razón de amortiguamiento, y  $r = \omega_j/\omega_i$  a razón de frecuencias circulares entre los modos  $i$  y  $j$ .

**Método de la suma absoluta:** Este método estima la respuesta total como la suma de los valores absolutos de la respuesta obtenida en cada modo de vibración. Este método es el menos aplicado de los tres.

$$R = \sum_{i=1}^N |R_i| \quad (3.31)$$

### 3.4 Diseño de miembros.

El diseño de miembros se realiza según lo establecido en la Normativa ANSI/AISC 360 (4) cumpliendo con los requisitos para miembros sometidos a tracción, compresión, flexión, corte y flexión con carga axial. Adicionalmente se revisan de los límites para relación ancho-espesor del alma y del ala de los elementos.

Además, se verifica el cumplimiento de los requisitos sismorresistentes para pórticos de alta ductilidad (Special Moment Frames SMF) según lo establecido en la Normativa ANSI/AISC 341 (5) para la relación ancho-espesor del alma y del ala del perfil, longitud no arriostrada, así como la relación de momentos Columna-Viga entre otros.

### 3.5 Diseño de conexiones.

El diseño de las conexiones se realiza según la Normativa ANSI/AISC 358 (1). Se verifica el diámetro de los pernos, el espesor de la plancha extrema, la geometría de la conexión, el diseño del lado columna, espesores de placas, espesores de soldaduras, entre otros.

### 3.6 Curvas de comportamiento.

La implementación de los modelos de comportamiento para la conexión de plancha extrema extendida 4ES en el PME v2.0 (3) están basados en los siguientes trabajos:

#### 3.6.1 Modelos de comportamiento por componentes.

Se utilizan los modelos de comportamiento para cada componente de la conexión basados en las propuestas de Krawinkler (9) para la zona panel, Yee y Melchers (10) para la flexión del ala de la columna, la plastificación del alma de la columna y la flexión de la plancha extrema y Kim *et al* (11) para el deslizamiento de la plancha.

#### 3.6.2 Modelo de comportamiento global de la conexión.

La implementación de los modelos de comportamiento Momento-Rotación se realizó en base a las propuestas realizadas por Shi *et al* (6) y Wang *et al* (7).

El modelo global de Shi *et al* (6) Considera que la rotación de la conexión es la suma de las contribuciones a la rotación debido a la deformación de la zona panel y a la flexión de la plancha extrema extendida. Para ello, se considera la propuesta de Krawinkler (9) para la zona panel y se reemplaza el modelo utilizado por Shi *et al* (6) para la flexión de la plancha, utilizando la propuesta de Yee y Melchers (10).

El modelo de Wang *et al* (7) propone una formulación para el comportamiento global de la conexión donde se toma en consideración la contribución de las características geométricas de la conexión para el cálculo de la pendiente del tramo elástico de un modelo trilineal.

## 4. RESULTADOS DEL PROGRAMA.

Como parte del proceso de validación del programa, se desarrolló una serie de ejemplos, a continuación se muestran 3 ejemplos.

### 4.1 Ejemplo 1. Diseño de miembros y conexiones.

Para validar los resultados del diseño de los miembros y conexiones del PME v2.0 se desarrolló el modelo matemático mostrado en la figura 9, los resultados obtenidos se compararon con el programa comercial SAP2000 con hojas de cálculo y con cálculo manual.

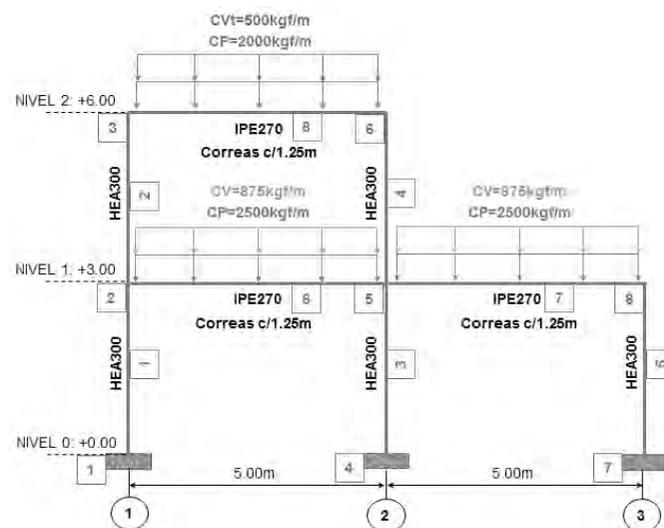


Figura 9. Modelo Matemático. Validación en el PME v2.0.

El pórtico mostrado en la Figura 9 tiene una altura de entrepiso de 3.00m con una longitud de vano de 5.00m y está formado por vigas IPE270 y columnas HEA300, ambos perfiles con un material ASTM A36. Las vigas están arriostradas lateralmente por las correas a cada 1.25m. Las cargas asignadas sobre las vigas del nivel 1 son: CP = 2500kgf/m y CV = 875kgf/m y sobre las vigas del nivel 2 CP = 2000kgf/m y CVt = 500kgf/m.

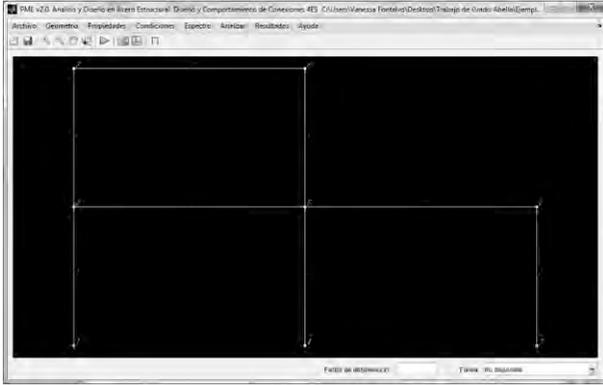


Figura 10. Visualización del Pórtico en el PME v2.0.

La acción sísmica se caracteriza por el espectro de diseño según la norma COVENIN 1756:2001 (12) para zona sísmica 5, forma espectral S2, factor de corrección  $\phi = 1$ , grupo B2 y factor de reducción de respuesta  $R = 6$ . Se considera un 100% de participación para la carga permanente, 25% para la carga variable y 0% para la carga variable de techo durante la acción sísmica.

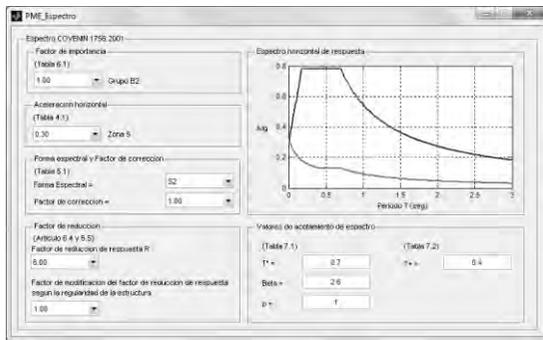


Figura 11. Espectro de diseño según COVENIN 1756:2001 generado en el PME v2.0

Para validar el diseño se compara la relación Demanda/Capacidad por flexión y carga axial para el miembro 1.

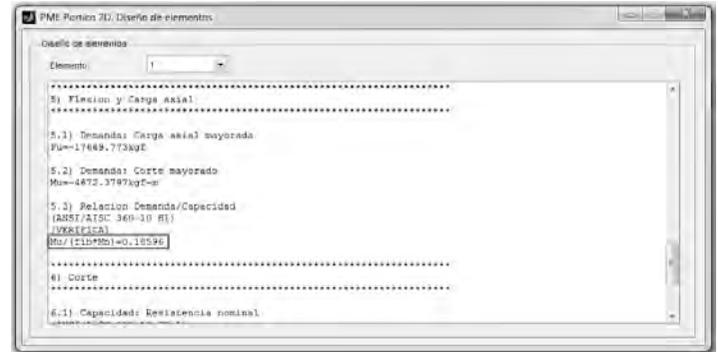


Figura 12. Relación Demanda/Capacidad por flexión y carga axial. PME v2.0.

Tabla 1. Comparación de resultados obtenidos. Relación Demanda/Capacidad por flexión y carga axial.

Elemento	PME	SAP2000	Diferencia %
1	0,185	0,187	1,07
2	0,201	0,200	0,50
3	0,192	0,191	0,52
4	0,219	0,221	0,90
5	0,272	0,267	1,87
6	0,908	0,912	0,44
7	0,894	0,942	5,10
8	0,603	0,637	5,34

Para validar los resultados del diseño de conexiones se verifica el momento máximo en la cara de la columna, diámetro requerido de los pernos y el espesor requerido para la conexión en el nodo 2.

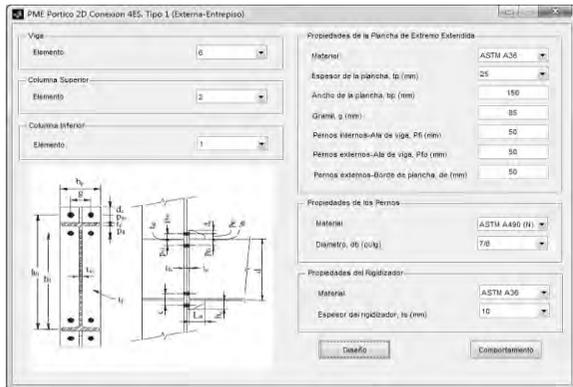


Figura 13. Diseño de conexión 4ES. PME v2.0.

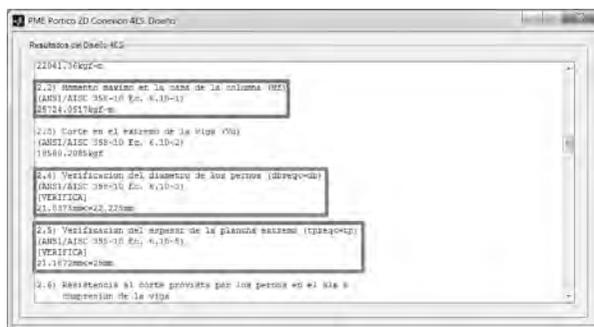


Figura 14. Resultados. Conexión 4ES. PME v2.0.

Tabla 2. Comparación de resultados obtenidos. Diseño de la conexión 4ES.

Parámetro	PME	Hoja de Cálculo	Diferencia %
Momento máximo en la cara de la columna (kgf-m)	25724	25873	0,57
Diámetro requerido de los pernos (mm)	21,03	21,1	0,33
Espesor requerido de la plancha (mm)	21,18	21,2	0,09

## 4.2 Ejemplo 2. Curvas de comportamiento global. Experimento de Shi *et al* (6).

El siguiente ejemplo pretende la comparación entre las curvas de comportamiento experimentales obtenidas en (6) para el espécimen EPC-2 ensayado por Shi *et al.* y las curvas de comportamiento teóricas obtenidas en el PME v2.0.

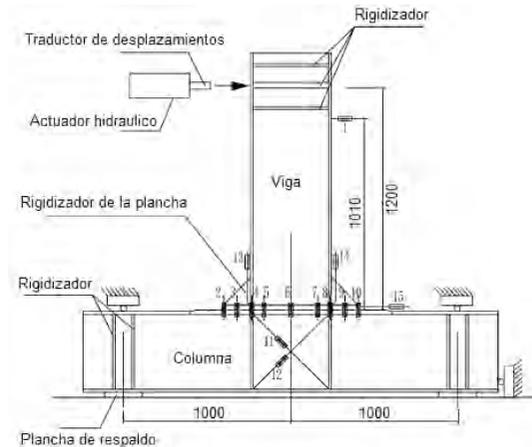


Figura 15. Descripción del ensayo experimental (1).

Para la construcción de las curvas de comportamiento teóricas se utilizó una conexión con las mismas propiedades geométricas, sin embargo, para las propiedades mecánicas se utilizaron los valores obtenidos de ensayos realizados por (1) sobre el material Q345 ( $F_y = 391MPa$  y  $F_u = 519MPa$ ). Se consideran pernos ASTM 490 de  $\frac{3}{4}$ " como equivalente de los pernos Grado 10.9 de 20mm. Los datos de la conexión se muestran en la figura 15.

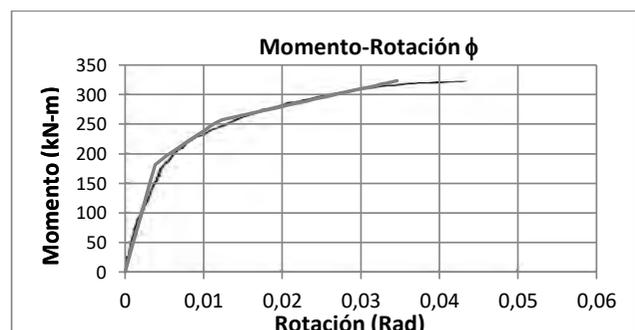


Figura 16. Curva teórica y experimental Momento-Rotación. Modelo de Shi *et al.*

### 4.3 Ejemplo 3. Curvas de comportamiento global. Modelo de Wang *et al* (7).

El siguiente ejemplo pretende la comparación entre las curvas de comportamiento experimentales obtenidas en la (7) para el espécimen J2 ensayado por Wang *et al.* y las curvas de comportamiento teóricas implementadas en el PME v2.0.

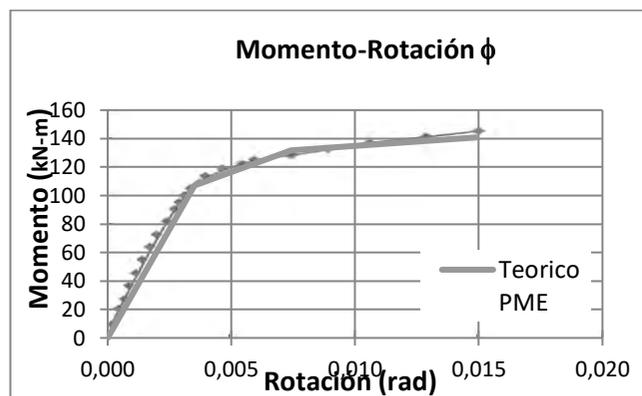


Figura 17. Curva teórica y experimental Momento-Rotación. Modelo de Wang *et al.*

## 5. CONCLUSIONES.

Se desarrolló un programa de cálculo estructural con una interfaz gráfica intuitiva que permite la entrada de los datos de forma sencilla, integra módulos para el análisis estático y dinámico lineal de estructuras aporticadas en acero, diseño de los miembros, diseño de conexiones tipo End-Plate 4ES, así como la construcción de las curvas comportamiento para los componentes de la conexión y para la conexión en general.

El PME v2.0 permite diseñar los miembros de acero estructural según la Normativa ANSI/AISC 341 y 360, en el diseño se verifican los límites para la relación ancho/espesor del alma y el ala, la longitud no arriostrada, la relación demanda/capacidad para la interacción flexión y carga axial y relación demanda/capacidad por corte. Con el fin de validar el programa, los resultados del diseño se compararon con los obtenidos en un programa de uso comercial proporcionando resultados similares.

El PME v2.0 permite diseñar la conexión de plancha extrema extendida 4ES siguiendo los lineamientos de la Normativa ANSI/AISC 358, se verifican los límites de precalificación para la geometría de la viga y de la plancha, se determina el espesor requerido para la plancha y el diámetro de los pernos, la resistencia requerida para diseño de planchas adosadas al ala y planchas adosadas al alma de la columna, relación columna/viga entre otros. El procedimiento de diseño se realiza de forma rápida y automática, lo cual resulta ventajoso ya que generalmente el proceso de diseño es engorroso, largo e iterativo. Para la validación del módulo de conexiones, los resultados se compararon con hojas de cálculo desarrolladas en Excel con las que se obtuvieron los mismos resultados.

El PME v2.0 genera las curvas de comportamiento de la conexión de plancha extrema extendida 4ES. En función a las propiedades geométricas y mecánicas de la conexión el programa realiza de forma automática las curvas de comportamiento para cada componente y para la conexión de forma global. Para la validación de la implementación de las curvas, se realizaron comparaciones con resultados experimentales obtenidos por distintos autores, presentando un buen ajuste.

El programa constituye una herramienta de apoyo para el estudio de conexiones metálicas de plancha extrema extendida 4ES en estructuras aporticadas de acero, ya que realiza el diseño y obtiene el comportamiento en procedimientos simultáneos, permitiendo al usuario investigar si alguno de los componentes de la conexión permanece en la zona elástica o en la zona plástica para las condiciones de diseño de la conexión. La implementación de los modelos por componentes permite identificar la influencia de cada componente dentro del modelo global, además, permite visualizar de forma rápida y sencilla la variación del comportamiento cuando se modifica una característica de la conexión, teniendo siempre la oportunidad de diseñarla según la normativa.

En la actualidad, el programa sigue en desarrollo; parte del trabajo está dirigido a incluir una librería de conexiones para diseño y comportamiento, Además de fusionar el modelo actual de comportamiento de la conexión con modelos de rotula plástica para análisis de la estructura en rango no lineal. Por otra parte, se pretende la ampliación del programa a un análisis tridimensional que incluya análisis dinámico tiempo-historia.

## REFERENCIAS

1. *Experimental and theoretical analysis of the moment–rotation behaviour of stiffened extended end-plate connections*. **Shi, Jongjiu, Shi, Gang y Wang, Yuanqing**. 2007, Science Direct, págs. 1279-1293.
  2. *A Simplified Calculation Model for Moment-Rotation curve Used in Semi-rigid End-plate Connections*. **Wang, Tao, y otros, y otros**. Guangzhou : Journal of Information & Computational Science, 2013, Vols. 3529-3538.
  3. **Krawinkler, H, Bertero, V y Popov, E**. *Inelastic Behavior of Steel Beam to Column Subassemblies*. Berkeley, University of California : Report No. UCB/EERC-71/7, 1971.
  4. *A phenomenological component-based model to simulate seismic behavior of bolted extended end-plate connections*. **Yang, Pu y Eatherton, Matthew**. 2014, Engineering Structures, págs. 11-26.
  5. **Yee, Y y Melchers, R**. *Moment–rotation curves for bolted connections*. *J Struct Eng, ASCE*. 1986.
  6. **Kim, J, Ghaboussi, J y Elnashai, A**. *Mechanical and informational modeling of steel beam to column connections*. 2010.
  7. **ANSI/AISC 360-10**. *Specification for Structural steel Buildings*. Chicago, Illinois : s.n., 2010.
  8. **ANSI/AISC 358-10**. *Prequalified connections for special and intermediate steel moment frames for seismic applications*. Chicago, Illinois : s.n., 2010.
  9. **COVENIN 1618-1998**. *Estructuras de acero para edificaciones. Metodo de los estados limites*. Caracas : s.n., 1998.
  10. **The MathWorks, Inc**. *MATLAB R2010a The Language of Technical Computing*. 2010.
  11. *A simplified calculation model for Moment-Rotation curve used in semi-rigid connections*. **Wang, Tao, y otros, y otros**. 2013, Journal of Information and Computational Science, págs. 3529-3538.
  12. **ANSI/AISC 341-10**. *Seismic provisions for structural steel buildings*. Chicago, Illinois : s.n., 2010.
  13. **Abella Alvarez, Carlos Alfonso y Pannillo Majano, Gino Giuseppe**. *Programa modular para analisis plano de estructuras elasticas aplicando el metodo de elementos finitos*. s.l. : UCLA, 2011.
  14. **COVENIN 1756-1:2001**. *Edificaciones sismorresistentes. Parte 1: Articulado*. Caracas : s.n., 2001.
-



# DIAGNÓSTICO DEL TRABAJO EN EQUIPO EN ESTUDIANTES DE INGENIERÍA EN CHILE

Rodrigo F. Herrera<sup>1</sup>, Felipe C. Muñoz<sup>2</sup> y Luis A. Salazar<sup>3</sup>

## Resumen

*El trabajo en equipo es una habilidad fundamental que todos los ingenieros deben tener en su carrera profesional. Es por este motivo que los centros de educación superior deben formar esta habilidad en los estudiantes de ingeniería. El objetivo de esta investigación es conocer qué tanto se prepara a los estudiantes de ingeniería de Chile en el desarrollo del trabajo en equipo, cómo se les prepara y si existen diferencias entre distintas instituciones. Dentro de los resultados principales de la investigación se puede concluir: los estudiantes de ingeniería trabajan en equipo con compañeros de su misma carrera, pero no con compañeros de distinta carrera; no existen diferencias entre los distintos centros de educación superior acerca de lo que estudiantes hacen cuando trabajan en equipo; y las prácticas que los estudiantes más hacen es comunicar y escuchar activamente a sus compañeros y la que menos hacen es colaborar efectivamente.*

---

<sup>1</sup> Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Escuela de Ingeniería Civil, Avenida Brasil 2147, piso 3, Valparaíso - Chile. Pontificia Universidad Católica de Chile, Escuela de Ingeniería, Departamento de Ingeniería y Gestión de la Construcción, Av. Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile.

(e-mail: [rodrigo.herrera@pucv.cl](mailto:rodrigo.herrera@pucv.cl))

<sup>2</sup> Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Escuela de Ingeniería Civil, Avenida Brasil 2147, piso 3, Valparaíso - Chile. (e-mail: [fmunozlarivera@gmail.com](mailto:fmunozlarivera@gmail.com))

<sup>3</sup> Pontificia Universidad Católica de Chile, Escuela de Ingeniería, Departamento de Ingeniería y Gestión de la Construcción, Av. Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile. (e-mail: [lasalaza@uc.cl](mailto:lasalaza@uc.cl))

## INTRODUCCIÓN

El trabajo en equipo es una competencia dinámica, multidimensional y con múltiples categorizaciones dada su complejidad, ésta supone la disposición personal y la colaboración con otros en la realización de actividades para lograr objetivos comunes, realizando actividades de intercambio de información, asignación de responsabilidades, resolución de conflictos, y una contribución a la mejora y desarrollo colectivo (Torreles et al., 2011).

Dentro de los aspectos psicosociales que potencian la habilidad del trabajo en equipo se pueden destacar los siguientes: compromiso, toma de decisiones, gestión del tiempo, reconocimiento de roles, capacidad de integración, comunicación interpersonal, empatía, responsabilidad, reconocimiento de liderazgo y respeto al equipo (Barraycoa y Lasaga, 2010). El trabajo en equipo busca integrar las habilidades de cada uno de los miembros, generando canales múltiples de aprendizaje, basados en el compromiso y la confianza entre cada uno de estos integrantes (Raposo y Martínez, 2011).

En el proyecto Tuning se propone un listado de las habilidades genéricas que debe adquirir un estudiante a lo largo de su formación de pregrado, divididas en genéricas y específicas. El trabajo en equipo es una habilidad genérica de suma importancia, ya que con él se busca que los estudiantes interioricen actitudes básicas, tales como: transparencia, constancia, compromiso y respeto. Además, los estudiantes deben reforzar las habilidades de planificación y organización, así como otras relacionadas con la argumentación, consenso, toma de decisiones, resolución de conflictos, entre otras (Guitert et al., 2007).

El trabajo en equipo de los estudiantes puede generar ciertas ventajas sobre el trabajo individual como medio para superar algunas carencias formativas, por ejemplo, las dificultades para argumentar o para hablar en público. Las ventajas del trabajo en equipo van desde disminuir brechas relativas a la adquisición de conocimientos conceptuales o prácticos, hasta mejorar la actitud frente al aprendizaje (Cuadrado et al., 2012).

Dentro de las competencias profesionales demandadas por las empresas, en el caso de los ingenieros, se destacan la capacidad de comunicar, aprendizaje continuo, liderazgo, trabajar en equipo e innovación. Todas estas habilidades no están totalmente satisfechas, por lo que los futuros ingenieros se encuentran en una situación deficitaria en el mercado laboral (Marzo et al, 2006). Dentro de alguno de los resultados esperados de un estudiante de ingeniería que finaliza su proceso formativo de pregrado, se espera que cuente con la habilidad de trabajar en equipos multidisciplinarios (Allahverdi y Aldowaisan, 2015). Más aún, existen otros estudios que destacan que los empleadores de profesionales de ingeniería requieren tanto habilidades técnicas y blandas, tales como, la comunicación, trabajo en equipo, resolución de conflicto y liderazgo (Saad et al., 2013; Saad y Mayid, 2014; Crebert et al., 2007)

En el contexto de Chile se pueden distinguir tres tipos de instituciones que forman ingenieros, siendo estas: universidades tradicionales (UT), universidades no tradicionales (UNT) e institutos profesionales (IP).

Se conoce como universidades tradicionales a las 25 universidades (de un total de 58) que pertenecen al Consejo de Rectores de Universidades Chilenas (CRUCH), éstas cuentan con aportes directos de financiamiento del Estado por ser las de mayor tradición en el país. Por otra parte, las universidades no tradicionales que actualmente son 33, nacen después de la promulgación de la Ley General de Universidades en 1981 y no tienen dependencia estatal; por lo tanto, tampoco gozan de su financiamiento. Finalmente, los institutos profesionales son aquellas instituciones que pueden otorgar títulos profesionales y técnicos de nivel superior, pero no grados académicos, en la actualidad en Chile hay 43 Institutos Profesionales.

Si bien las instituciones anteriormente descritas declaran en sus perfiles de egreso que sus estudiantes tendrán la habilidad de trabajar en equipo, se desconoce en la práctica qué tanto se les prepara en el desarrollo de esta habilidad, cómo se les prepara y si existen diferencias en la preparación entre instituciones. Lo anterior, implica que existe un desconocimiento de la condición de egreso de los estudiantes de ingeniería, sobre todo en lo que respecta a la habilidad del trabajo en equipo.

Este trabajo busca responder, las siguientes preguntas de investigación: (1) ¿Qué ejecutan los estudiantes cuando se les solicita trabajar en equipo?, (2) ¿Cuál es la cantidad de veces que se les solicita a los estudiantes

trabajar en equipo con estudiantes de la misma y otras carreras? y (3) ¿Existen diferencias entre lo que ejecutan los estudiantes de universidades tradicionales, no tradicionales e institutos profesionales?

## METODOLOGÍA

Para responder a las preguntas de investigación planteadas, se utilizó como instrumento para medir las prácticas actuales de los estudiantes, cuando se les solicita trabajar en equipo, la encuesta propuesta por (Herrera et al., 2017), la cual se divide en tres secciones. En su primera sección, se clasifica a los estudiantes, según datos demográficos, de acuerdo al tipo de centro educacional; en su segunda sección, se mide la frecuencia a la que se les solicita trabajar en equipo a

los estudiantes, especificando si son compañeros de la misma o diferente carrera; finalmente, en la tercera sección se analizan las prácticas mediante una escala de Likert de 1 a 5 (muy en desacuerdo {1}, en desacuerdo {2}, ni de acuerdo ni en desacuerdo {3} de acuerdo {4} y muy de acuerdo {5}) los criterios de coordinación, cumplimiento de tareas, resolución de conflictos, comunicación efectiva, liderazgo y colaboración. Cabe señalar, que este instrumento fue validado por un panel de expertos tanto del mundo académico como del profesional.

Tabla 1: Instrumento de medición de tipo de centro de educación superior.

1. Indica en qué tipo de centro de educación superior estudias	
a.	Universidad tradicional (UT)
b.	Universidad NO tradicional (UNT)
c.	Instituto Profesional (IP)

Tabla 2: Instrumento de medición de regularidad y tipo de compañeros en trabajo en equipo.

2. En tus últimos 10 cursos ¿en cuántos has trabajado en grupo o en equipo?										
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
3. En tus últimos 10 cursos ¿en cuántos has trabajado con compañeros de la misma carrera?										
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
4. En tus últimos 10 cursos ¿en cuántos has trabajado con compañeros de distinta carrera?										
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Tabla 3: Instrumento de medición de acuerdo respecto a afirmaciones afines al trabajo en equipo.

Con respecto a las siguientes afirmaciones contesta el grado de acuerdo que estás con cada una de ellas, en relación a tu práctica real y no la ideal. Siendo 1 Muy en desacuerdo y 5 Muy de acuerdo.						
Criterio	Afirmaciones	1	2	3	4	5
Coordinación	5. Cuando desarrollo un trabajo en grupo/equipo, nos dividimos las tareas equitativamente y definimos plazos de cumplimiento					
Cumplimiento de tareas e hitos	6. Cuando desarrollo un trabajo en grupo/equipo, soy capaz de cumplir con las tareas solicitadas en los plazos y calidad previamente acordada					
Resolución de conflictos	7. Cuando desarrollo un trabajo en grupo/equipo, soy capaz de resolver conflictos que se generan al interior del equipo					
Comunicación	8. Cuando desarrollo un trabajo en grupo/equipo, soy capaz de comunicar adecuadamente mis ideas y escuchar activamente a otros integrantes del equipo					
Liderazgo	9. Cuando desarrollo un trabajo en grupo/equipo, soy capaz de liderar al equipo para la consecución de los objetivos					
Colaboración	10. Cuando desarrollo un trabajo en grupo/equipo, nos reunimos a trabajar en conjunto para integrar, debatir y analizar ideas					

La encuesta se aplicó a 220 estudiantes de ingeniería de educación superior en Chile, del total de estudiantes encuestados el 58,80% pertenecen a universidades tradicionales, el 32,41% a universidades no tradicionales, mientras que el 8,80% pertenecen a institutos profesionales (Figura 1). Para resguardar la identidad de los encuestados, se utilizó como modelo

de colección de datos la plataforma de formularios de Google. El posterior análisis de validación del instrumento se realizó por medio de un análisis de fiabilidad calculando el alfa de Cronbach (valor de 0,694), lo cual demostró una alta fiabilidad del instrumento realizado.

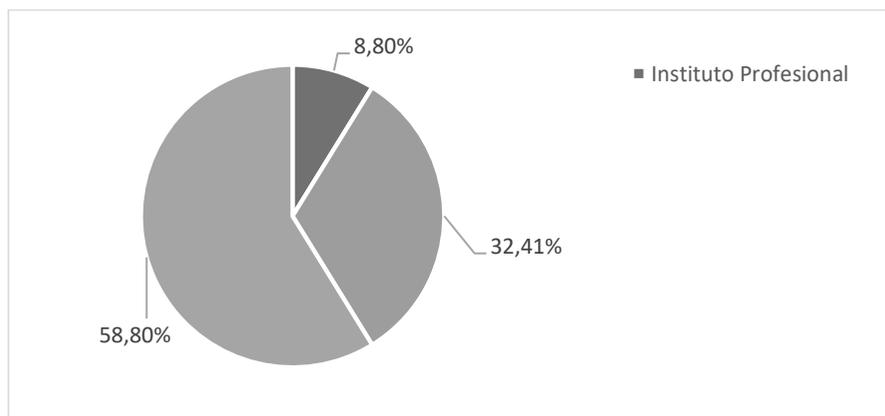


Figura 1: Distribución de estudiantes encuestados.

Para analizar los resultados se realizó un análisis descriptivo (medidas de tendencia central, variación y frecuencia) a nivel general y por tipo de centro educacional. Luego, para conocer si existen diferencias

entre los estudiantes de distintos centros educacionales se utilizó el test de Krustall Wallis para comparar los tres tipos y el test U de Mann Whitney para comparar entre pares de centros.

## ANÁLISIS Y RESULTADOS

La Figura 2 muestra en el eje horizontal el porcentaje de cursos y en la vertical el porcentaje de estudiantes.

Se individualizan 3 tipos de resultados; las barras azules denotan haber trabajado en equipo, las barras naranjas trabajo con estudiantes de la misma carrera y la barra gris con estudiantes de otras carreras.

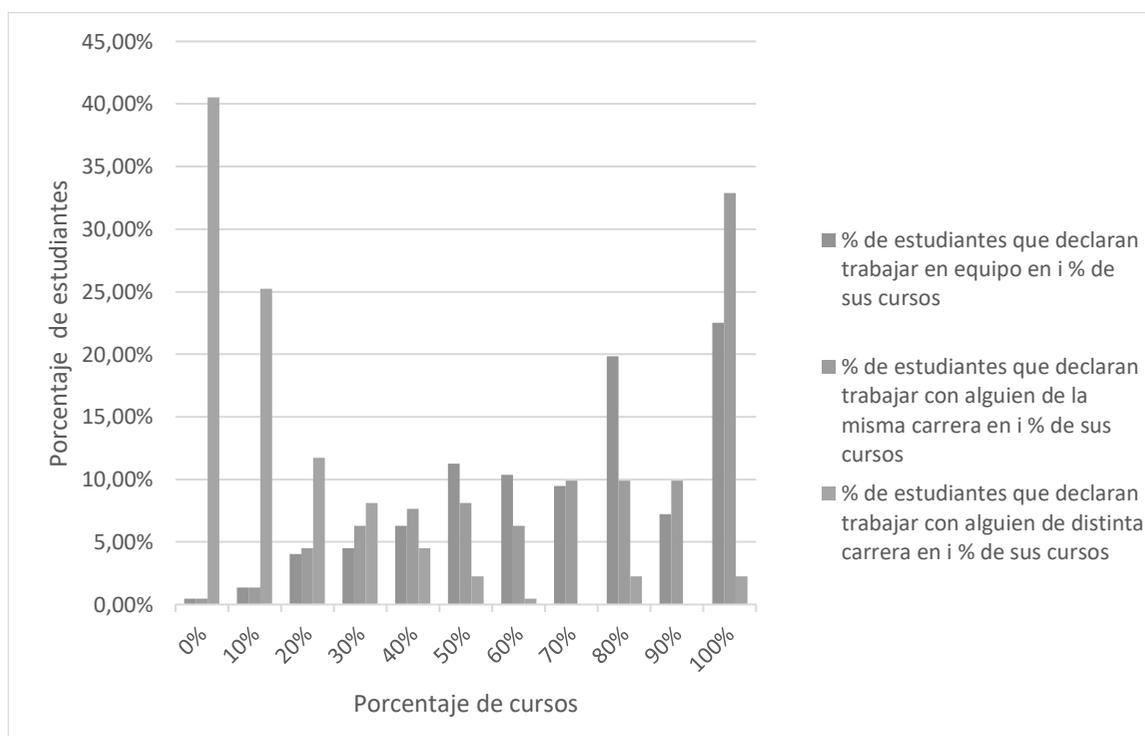


Fig. 2: Comparación de la cantidad de estudiantes que han trabajado en equipo en i cursos, desglosado en trabajo en equipo con estudiantes de la misma y distinta carrera.

Cuando se les consultó a los estudiantes respecto a si se les había hecho trabajar en grupo o en equipo en sus últimos 10 cursos rendidos (100%), se observa que el 99,55% de ellos si ha trabajado de esta forma en por menos una asignatura. Al desglosar la cifra se tiene que un 80,63% de los alumnos ha trabajado en equipo en 5 o más de estos ramos, llegando al 22,52% de estudiantes que han trabajado de esta forma en la totalidad de sus últimas 10 asignaturas cursadas. Una

tendencia similar se genera cuando a los estudiantes se les pregunta por el porcentaje de cursos que han trabajado con estudiantes de la misma carrera. Por otro lado, al explicitar si los compañeros de equipo han sido estudiantes de distinta carrera, un 40,54% de estudiantes declara no haber trabajado en equipo en ninguno de sus últimos 10 ramos y un 45,05% informan que lo han hecho en un máximo de 3 cursos.

Tabla 4: Medidas de tendencia central de los resultados

	<b>% de estudiantes que declara trabajar en equipo en i de sus cursos</b>	<b>% de estudiantes que declara trabajar en equipo con alguien de la misma carrera en i de sus cursos</b>	<b>% de estudiantes que declara trabajar en equipo con alguien de distinta carrera en i de sus cursos</b>
Media	7,005	7,245	1,495
Mediana	8,000	8,00	1,00
Moda	10,00	10,00	0,00
Varianza	6,274	7,553	4,558
SD	2,505	2,748	2,135

En base a las medidas de tendencia central se puede observar que en promedio los estudiantes realizan trabajo en equipo en 7,245 de sus últimos 10 cursos rendidos con estudiantes de la misma carrera, y en 1,495 de los cursos con estudiantes de otras carreras. Esto significa a que el desafío de trabajo en equipo se está enfrentando a nivel local en los programas de pregrado, pero no a nivel global, quedando al debe en el trabajo de equipos multidisciplinarios, tan solicitado por la industria.

Luego, se solicitó detallar el grado de acuerdo respecto a algunas afirmaciones relacionadas con el accionar de los estudiantes frente al trabajo en equipo, en base a seis criterios. La Figura 3 muestra la apreciación de los estudiantes ante cada uno de los criterios consultados para el total de estudiantes. Por otro lado, la Figura 4 detalla los mismos resultados individualizados según el tipo de centro de educación superior.

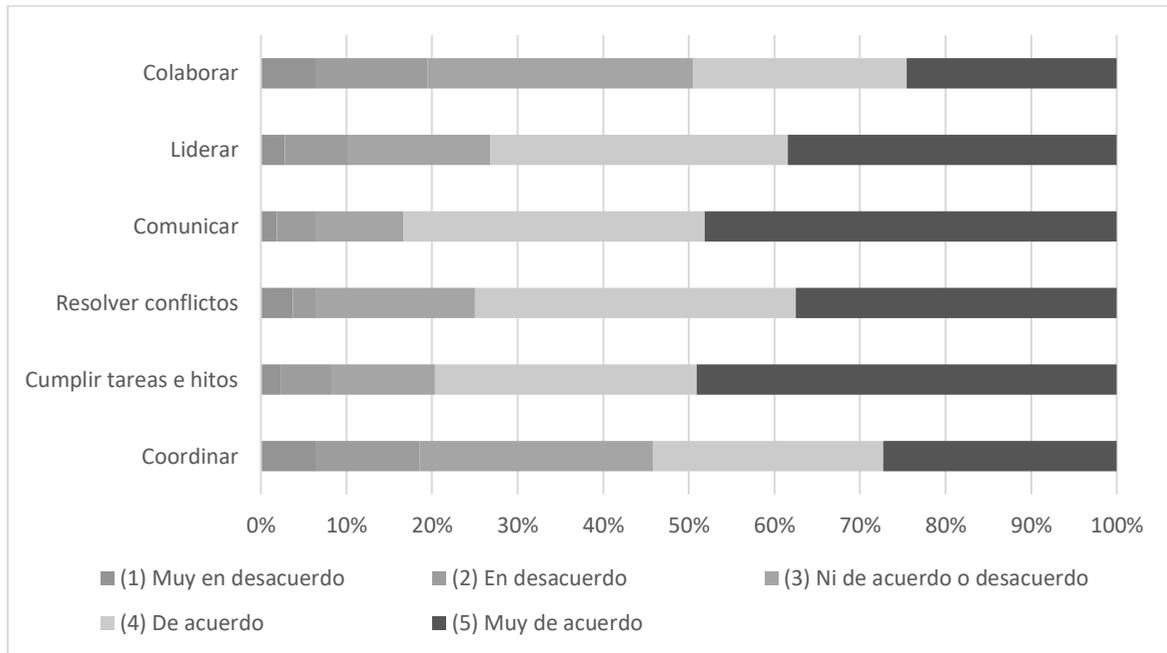


Figura 3: Importancia del trabajo en equipo según los estudiantes consultados.

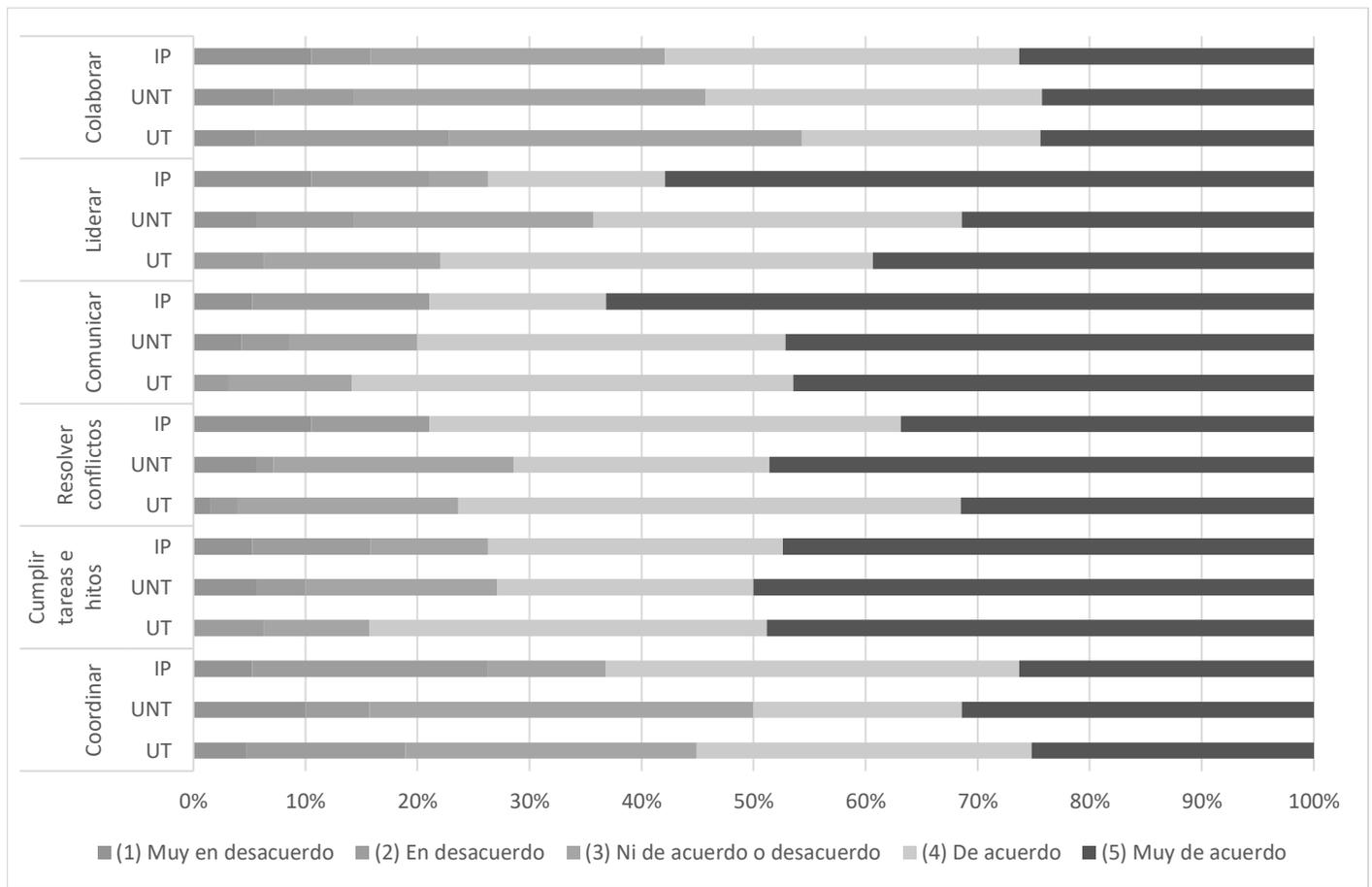


Figura 4: Importancia del trabajo en equipo según los estudiantes consultados, desglosados según tipo de centro educacional de los estudiantes.

Según los resultados, un 49,54% del total de estudiantes desarrolla colaboración efectiva en las instancias de trabajo en equipo; integrando, debatiendo y analizando ideas. Al desglosar esta percepción según el tipo de centro de educación superior, se observa que un 57,90% de los estudiantes de ingeniería de los IP trabaja colaborativamente en sus equipos de trabajo, seguido un 54,29% de los estudiantes de las UNT, dejando en último puesto a las UT con un 45,67% de los estudiantes.

Respecto al criterio de liderazgo, un 73,15% del total de estudiantes consultados es capaz de liderar al equipo de trabajo y encaminarlo hacia la consecución de objetivos. En este sentido, un 77,95% de los estudiantes de ingeniería de UT se asume con líder de equipo, seguido por el 73,68% de los estudiantes de IP y por un 64,29% de los provenientes de UNT.

Un 83,34% de los estudiantes consultados se declara que es capaz de comunicar adecuadamente sus ideas y escuchar activamente a otros integrantes del equipo. Quienes dan más relevancia a esta aptitud son los estudiantes de UT, llegando al 85,83% de ellos, seguidos por un 80,00 % de los estudiantes de UNT y un 78,95% de IP.

Un 75% del total de estudiantes se declaran capaces de resolver los conflictos que se generan dentro del equipo de trabajo. El 78,95% de estudiantes de IP concuerdan con el desarrollo de dicha habilidad, seguidos por el 76,38% de estudiantes de UT y el 71,43% de estudiantes de UNT.

Un 79,63 de estudiantes consultados es capaz de cumplir con los plazos y calidad del trabajo acordados. Al individualizar según tipo de casa de estudios, se aprecia un 84,25% de estudiantes de UT cumplen con dichos acuerdos, siguiéndole el 73,69% de estudiantes de IP y el 72,86% de estudiantes de UNT.

Un 54,16% del total de estudiantes declara que, al desarrollar un trabajo en equipo, dividen las tareas entre los miembros y definen plazos de cumplimiento de las mismas. Lidera esta característica los estudiantes de IP, con un 63,16% de los consultados, seguido por el 55,12% de los estudiantes de UT y un 50,00% de estudiantes de UNT.

Para identificar si existen diferencias entre lo que hacen los estudiantes de los distintos tipos de centros de educación superior al ser sometidos a trabajar en equipo, se utilizó la técnica U de Mann-Whitney para comparar pares de centros y la prueba de Krustall Wallis para comparar los tres centros presentados. Con dicha técnica se verificó cada criterio con la que se presentó la habilidad de trabajo en equipo, realizando la siguiente formulación de hipótesis:

$H_0$ = No existe diferencia entre lo realizado por los estudiantes de los diferentes establecimientos de educación superior con respecto al criterio  $i$ .

$H_1$ = Existe diferencia entre lo realizado por los estudiantes de los diferentes establecimientos de educación superior con respecto al criterio  $i$

Se definió un nivel de significancia de un 0,05 y se obtuvo el p-valor para cada uno de los criterios establecidos, para saber si nos aceptamos las hipótesis  $H_0$  o  $H_1$ . Si el p-valor es mayor que el nivel de significancia no podemos rechazar la hipótesis nula y en caso contrario se puede rechazar la hipótesis nula y aceptamos  $H_1$ . La Tabla 5 muestra los resultados de hipótesis y toma de decisión para el desarrollo de trabajo en equipo, ya sea con estudiantes de la misma o distinta carrera, comparando los diferentes centros de educación superior. La Tabla 6 muestra los resultados de hipótesis y toma de decisión para dichos planteles educacionales, pero respecto a cada una de las actividades desarrolladas durante el trabajo en equipo.

Tabla 5: p-valor para cada criterio y toma de decisión, respecto desarrollo de trabajo en equipo, ya sea con estudiantes de la misma o distinta carrera, comparando los diferentes centros de educación superior

<b>Criterio</b>	<b>Tipo de centro de educación superior en comparación</b>	<b>p-valor</b>	<b>Decisión</b>
Trabajo en equipo	UT-UNT-IP	0,165	No existe diferencia entre lo realizado por los estudiantes de distintos centros de educación superior (H0)
	UT-UNT	0,63	No existe diferencia entre lo realizado por los estudiantes de UT y de UNT (H0)
	UT-IP	0,457	No existe diferencia entre lo realizado por los estudiantes de UT y de IP (H0)
	UNT-IP	0,664	No existe diferencia entre lo realizado por los estudiantes de UNT y de IP (H0)
Trabajo en equipo con estudiantes de la misma carrera	UT-UNT-IP	0,216	No existe diferencia entre lo realizado por los estudiantes de distintos centros de educación superior (H0)
	UT-UNT	0,125	No existe diferencia entre lo realizado por los estudiantes de UT y de UNT (H0)
	UT-IP	0,251	No existe diferencia entre lo realizado por los estudiantes de UT y de IP (H0)
	UNT-IP	0,813	No existe diferencia entre lo realizado por los estudiantes de UNT y de IP (H0)
Trabajo en equipo con estudiantes de distinta carrera	UT-UNT-IP	0,012	Existe diferencia entre lo realizado por los estudiantes de distintos centros de educación superior (H1)
	UT-UNT	0,05	Existe diferencia entre lo realizado por los estudiantes de UT y de UNT (H1)
	UT-IP	0,108	No existe diferencia entre lo realizado por los estudiantes de UT y de IP (H0)
	UNT-IP	0,808	No existe diferencia entre lo realizado por los estudiantes de UNT y de IP (H0)

Tabla 6: p-valor para cada criterio y toma de decisión, respecto desarrollo de trabajo en equipo para cada una de las habilidades y actividades desarrolladas durante el trabajo en equipo, comparando los diferentes centros de educación superior

Criterio	Establecimientos de educación superior en comparación	p-valor	Decisión
Colaboración	UT-UNT-IP	0,616	No existe diferencia entre lo realizado por los estudiantes de distintos centros de educación superior en lo que respecta a colaborar y analizar el trabajo en conjunto (H0)
	UT-UNT	0,398	No existe diferencia entre lo realizado por los estudiantes de los tipos de centros de educación superior comparados en lo que respecta a colaborar y analizar el trabajo en conjunto (H0)
	UT-IP	0,508	
	UNT-IP	0,831	
Liderazgo	UT-UNT-IP	0,111	No existe diferencia entre lo realizado por los estudiantes de distintos establecimientos de educación superior en lo que respecta a liderar las actividades del trabajo (H0)
	UT-UNT	0,054	No existe diferencia entre lo realizado por los estudiantes de los tipos de centros de educación superior comparados en lo que respecta a liderar las actividades del trabajo (H0)
	UT-IP	0,539	
	UNT-IP	0,177	
Comunicación	UT-UNT-IP	0,587	No existe diferencia entre lo realizado por los estudiantes de distintos centros de educación superior en lo que respecta a tener una comunicación efectiva entre los miembros del equipo (H0)
	UT-UNT	0,436	No existe diferencia entre lo realizado por los estudiantes de los tipos de centros de educación superior comparados en lo que respecta a tener una comunicación efectiva entre los miembros del equipo (H0)
	UT-IP	0,568	
	UNT-IP	0,401	
Conflictos	UT-UNT-IP	0,74	No existe diferencia entre lo realizado por los estudiantes de distintos centros de educación superior en lo que respecta a resolver conflictos durante la ejecución del trabajo (H0)
	UT-UNT	0,456	No existe diferencia entre lo realizado por los estudiantes de los tipos de centros de educación superior comparados en lo que respecta a resolver conflictos durante la ejecución del trabajo (H0)
	UT-IP	0,96	
	UNT-IP	0,628	
Tareas	UT-UNT-IP	0,784	No existe diferencia entre lo realizado por los estudiantes de distintos centros de educación superior en lo que respecta a cumplir con las tareas y los tiempos (H0)
	UT-UNT	0,605	No existe diferencia entre lo realizado por los estudiantes de los tipos de centros de educación superior comparados en lo que respecta a cumplir con las tareas y los tiempos (H0)
	UT-IP	0,567	
	UNT-IP	0,812	
Coordinación	UT-UNT-IP	0,962	No existe diferencia entre lo realizado por los estudiantes de distintos centros de educación superior en lo que respecta a la coordinación del trabajo (H0)
	UT-UNT	0,804	No existe diferencia entre lo realizado por los estudiantes de los tipos de centros de educación superior comparados en lo que respecta a la coordinación del trabajo (H0)
	UT-IP	0,862	
	UNT-IP	0,988	

## CONCLUSIONES

En base a los resultados obtenidos ha sido posible extraer las siguientes conclusiones:

Las prácticas que los estudiantes más desarrollan en instancias de trabajo en equipo son: capacidad de comunicar adecuadamente sus ideas y escuchar activamente a otros integrantes del equipo (83,34% de los estudiantes), cumplir con los plazos y calidad del trabajo acordados (79,63% de los estudiantes), resolver los conflictos que se generan dentro del equipo de trabajo (75,00% de los estudiantes) y liderar al equipo de trabajo y encaminarlo hacia la consecución de objetivos (73,15% de los estudiantes). En segundo plano queda la división de las tareas entre los miembros y definición de plazos de cumplimiento de las mismas (54,16% de los estudiantes) y el desarrollo de una colaboración efectiva en las instancias de trabajo en equipo; integrando, debatiendo y analizando ideas (49,54% de los estudiantes).

Si bien existe una alta tasa de trabajo en equipo en los cursos de ingeniería (una media de 7 de los últimos 10 cursos rendidos por los estudiantes consultados), se prefiere la ejecución de dichas acciones con estudiantes de la misma carrera; un promedio de 72,45% de los cursos en desmedro de solo un 14,95% donde se han generado instancias de trabajo interdisciplinario con estudiantes de otras carreras.

Respecto a los distintos criterios consultados de acciones y habilidades relativas al trabajo en equipo, no existen diferencias significativas entre lo ejecutados por los estudiantes de universidades tradicionales (UT), universidades no tradicionales (UNT) y de institutos profesionales (IP).

## REFERENCIAS

- Allahverdi, A. y Aldowaisan, T. *Assessment of student outcomes of the Industrial and Management Systems Engineering programme at Kuwait University*. Glob. J. Eng. Educ., 17, 3, 103–112 (2015)
- Barraycoa J. y Lasaga, O. *La Competencia De Trabajo En Equipo: Más Allá Del Corta Y Pega*. Vivat Acad., 111, 66–70 (2010)
- Crebert, G., Bates, M., Bell, B., Patrick, C.J. y Cagnolini, V. *Developing generic skills at university, during work placement and in employment: Graduates' perceptions*. High. Educ. Res. Dev., 32, 2, 147–165 (2007).
- Cuadrado, C., Fernández, F.J., Fernández, M., Fernández-Pacheco, C., González, D. Lifante, I. y Moya, J. *Técnicas de trabajo en equipo para estudiantes universitarios*. En X Jornadas Redes de Investigación en Docencia Universitaria (2012)
- Guitert, M., Romeu, T. y Pérez-Mateo, M. *Competencias TIC y trabajo en equipo en entornos virtuales*. RUSC Rev. Univ. y Soc. del Conoc., 4, 1, (2007).
- Herrera, R.F., Muñoz-La Rivera, F. C. y Salazar, L.A. *The development's perception of teamwork competency in the formation of undergraduate engineering students*. Glob. J. Eng. Educ., 19, 1, en prensa (2017)
- Marzo, M., Pedraja, M. y Rivera, P. *Las competencias profesionales demandadas por las empresas: el caso de los ingenieros*. Rev. Educ., 1, 643–661 (2006)
- Raposo, M. y Martínez E. *La Rúbrica en la Enseñanza Universitaria: Un Recurso para la Tutoría de Grupos de Estudiantes*. Form. Univ., 4, 4, 19-28 (2011).
- Saad, M.S., Robani, A., Jano, Z. y Makif, I.A. *Employers' perception on engineering, information and communication technology (ICT) students' employability skills*. Glob. J. Eng. Educ., 15, 1, 42–47 (2013)
- Saad, M. S. y Majid, I. A. *Employers' perceptions of important employability skills required from Malaysian engineering and information and communication technology (ICT) graduates*. Glob. J. Eng. Educ., 16, 3, 110–115 (2014)
- Torrelles, C., Coiduras, J.L., Isus, S., Carrera, F. X., París, G. y Cela, J. M. *Competencia De Trabajo En Equipo: Definición Y Categorización*. Profr. Rev. Curric. y Form. del Profr., 15, 3, 329–344 (2011)

# MUJERES EN INGENIERÍA: EL CASO DE INGENIERÍA UC

Isabel Hilliger<sup>1</sup>, Magdalena Gil<sup>2</sup>, Mar Pérez-Sanagustín<sup>3</sup>, Loreto Valenzuela<sup>4</sup>, Juan Carlos de la Llera<sup>5</sup>.

## Resumen

*Es un hecho que las mujeres históricamente han quedado subrepresentadas en los campos más científicos y de la ingeniería. Ciertamente, parte de esto se explica porque las mujeres no comenzaron a ingresar a las universidades sino hasta bien entrado el siglo diecinueve. Sin embargo, es cierto también que Ingeniería parece ser una de las áreas en las que esto ha avanzado más lentamente. La primera mujer ingeniera—Ellen Swallow Richards—se graduó recién en 1873, del Massachusetts Institute of Technology (MIT). Así mismo, muchas escuelas importantes, como la École Polytechnique de París, no aceptaron el ingreso de mujeres hasta mediados del siglo veinte. Es más, en algunos lugares su ingreso fue fuertemente rechazado, llegando incluso a propiciar atentados como el ocurrido en 1989 en las salas de la École Polytechnique, donde en su lucha contra el feminismo, un hombre mató a 19 mujeres estudiantes de ingeniería en esta universidad.*

*En Chile y Latinoamérica la historia empieza en 1919, cuando Justicia Espada Acuña Mena obtuvo el título de Ingeniero Civil, otorgado por la Universidad de Chile. Hoy, un premio cada dos años del Instituto de Ingenieros de Chile lleva su nombre, pero en su momento, la incorporación de Acuña a la universidad causó un gran revuelo. No sólo era la única mujer en la sala de clases, sino en toda la Facultad, lo que no impidió que obtuviera su título y se desempeñara como ingeniera estructural (calculista) en la Empresa de Ferrocarriles del Estado.*

*Ciertamente, la realidad ha cambiado desde entonces y en las últimas décadas se ha experimentado un aumento significativo en el número de mujeres en las distintas carreras de ingeniería, tanto en el mundo como en Chile. Pero a pesar de los avances, las mujeres aún siguen estando subrepresentadas en este campo. Y esto es un dato preocupante pues, por un lado, el área no representa la diversidad social existente y, por otro, existe el riesgo de desaprovechar el talento existente en este sector de la sociedad.*

---

<sup>1</sup> Associate Director for Assessment and Evaluation Escuela de Ingeniería, P. Universidad Católica de Chile.

<sup>2</sup> Profesora Asistente Adjunta. Escuela de Ingeniería, P. Universidad Católica de Chile. Investigadora Centro Nacional de Investigación para la Gestión Integrada de Desastres Naturales (CIGIDEN)

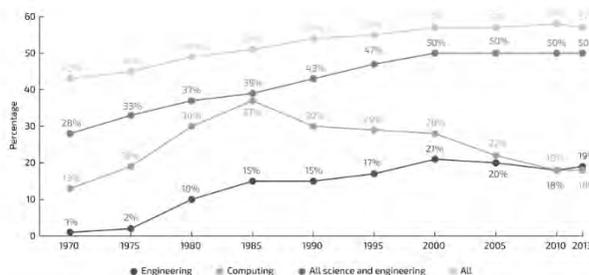
<sup>3</sup> Profesora Asociada. Departamento de Ciencia de la Computación. Escuela de Ingeniería, P. Universidad Católica de Chile

<sup>4</sup> Vicedecana, Escuela de Ingeniería. P. Universidad Católica de Chile. Profesora Asociada. Departamento de Ingeniería Química y Bioprocesos.

<sup>5</sup> Decano. Escuela de Ingeniería. P. Universidad Católica de Chile. Profesor Titular. Departamento de Ingeniería Estructural y Geotécnica.

## Mujeres en ingeniería a nivel global

De acuerdo a Franzway et al. (2009), sólo un 19% de los graduados en Ingeniería de los Estados Unidos son mujeres, seguido por un 18% en Canadá, un 14% en Australia y un 9,5% en el Reino Unido. Considerando que las mujeres suelen ser alrededor de la mitad de los graduados en los países industrializados, es claro que las ingenierías están en desventaja cuando se les mide por este indicador. Y si bien es cierto que los números de mujeres que deciden convertirse en ingenieras está creciendo sostenidamente en el mundo, en algunos campos—tales como ingeniería mecánica, eléctrica o minería—las diferencias siguen siendo dramáticas (Yoder, 2015). Asimismo, la presencia de mujeres en estudios de postgrado en Ciencias de la Ingeniería sigue siendo significativamente menor que la de sus compañeros hombres (Hill et al. 2010; Yoder, 2015), aún cuando existe también un porcentaje levemente mayor de mujeres ingenieras, en relación a los hombres, que decide seguir postgrados (Van Noorden, 2015). Naturalmente, no sorprende que el porcentaje de mujeres académicas en estas disciplinas también sea menor, con tan solo un 15,7% de mujeres profesoras en las escuelas de ingeniería de los Estados Unidos, porcentaje que baja a 10,5% si solo se considera a los profesores a tiempo completo (Yoder, 2015). Ver Figura 1 para más detalles sobre la distribución de tituladas en áreas de ingeniería en EE. UU. entre los años 1970 y 2013.



Note: "All science and engineering" includes biological and agricultural sciences; earth, atmospheric, and ocean sciences; mathematics and computer science; physical sciences; psychology; social sciences; and engineering.  
Source: L. M. Trevell analysis of data from National Science Foundation, Division of Science Resources Statistics (2013), and National Science Foundation, National Center for Science and Engineering Statistics (2014).

Figura 1. Porcentaje de titulaciones obtenidas por mujeres en las áreas de Ingeniería en EE.UU. entre los años 1970 y 2013.

Figura extraída de Corbett, C., & Hill, C. (2015).

En este contexto, la bibliografía más reciente apunta a que existen varios elementos que influyen en las diferencias entre el número de hombres y mujeres en carreras de ingeniería. Entre estos factores, los más destacados son: (1) las diferencias en el ingreso; (2) el rendimiento de mujeres en la carrera; y (3) la retención.

Con respecto al bajo ingreso de mujeres a ingeniería y otras carreras científicas (usualmente denominadas por la sigla STEM), existen factores sociales, institucionales, mala consejería y factores del ambiente escolar (Blackburn, 2017). Llama la atención que, aun cuando el interés de niños y niñas en matemáticas y ciencias en los primeros años escolares son similares, éstos se van distanciando a medida que avanzan en la escolaridad (Corbett y Hill, 2015). En este sentido, se considera que las principales barreras de las mujeres en estudios de ingeniería provienen no de algo "natural", sino de la percepción de ser una carrera dominada por hombres, donde profesores, padres y pares perpetúan estos estereotipos (Blackburn, 2017). De este modo, se ha demostrado que iniciativas científicas y pro-STEM a nivel escolar pueden aumentar significativamente el interés de las mujeres por seguir carreras en STEM (Bishop, 2015).

Respecto a las tasas de retención en carreras de ingeniería, se ha visto en varios estudios que estas son similares entre hombres y mujeres. Sin embargo, la retención a nivel profesional es muy distinta. En EE.UU. solo un 19% de las ingenieras continúan trabajando en el área luego de 30 años de graduación, mientras que este valor asciende a un 39% en el caso de los hombres (Corbett y Hill, 2015). La persistencia de mujeres en carreras STEM dependen de una gran variedad de factores internos y externos, como por ejemplo motivación, existencia de estereotipos, adaptabilidad a la carrera, apoyo de mentores, resiliencia, formación escolar previa, resultados académicos, balance entre familia y trabajo, machismo, entre otros (Blackburn, 2017; Corbett y Hill, 2015).

Desgraciadamente, no existen datos tan acabados para el caso chileno. Por esta razón es relevante dar a conocer el caso de lo ocurrido en la Escuela de Ingeniería UC y sus positivos avances en las últimas décadas, como ejemplo de la realidad chilena en relación a las mujeres en ingeniería.

## Mujeres en Ingeniería UC

Alrededor del mundo han surgido diferentes proyectos para impulsar el ingreso y permanencia de mujeres en las carreras de ingeniería y ciencias. En Chile, existen diversos programas en esta línea, y en particular desde el 2013, Mujeres Ingeniería UC ha sido la iniciativa propuesta para encarar este tema en la Escuela de Ingeniería UC. Se trata de un programa que tienen como

objetivo generar comunidad entre las futuras alumnas, las ingenieras UC y las académicas. El foco principal del programa en sus inicios ha sido aumentar el número de alumnas en esta Escuela de Ingeniería, para luego ir incorporando otros objetivos relacionados con la composición de profesionales y académicos. Entre las actividades e iniciativas que ha desarrollado este programa, se destacan: (1) Encuentros con Ingenieras UC, donde ingenieras de distintas áreas han compartido sus experiencias personales y profesionales con estudiantes de III y IV medio (más de 500 a la fecha); (2) presentaciones en colegios en conjunto con el programa Embajadores de la Escuela de Ingeniería, y donde se ha llegado a más de 150 colegios; (3) visitas a empresas para acercar a las alumnas de la Escuela a la realidad profesional, así como contactarlas con mentoras en dichas empresas, actividad en la que han participado más de 200 alumnas; y (4) actividades para conectar a las alumnas y exalumnas de la escuela, como el día de la mujer en la bienvenida a las novatas, semana de la Ingeniera, y After Office & After Class (reuniones entre profesoras y estudiantes en contextos informales, más allá de la Escuela de Ingeniería).

Para analizar la evolución en el número de mujeres en la Escuela Ingeniería UC desde el comienzo del programa se tomaron datos institucionales desde el 2012 al 2017 (ambos inclusive) en relación al número de matrículas, puntajes obtenidos y porcentajes de retención de los estudiantes de esta Escuela. Con estos datos, se realizaron análisis estadísticos descriptivos y se hicieron inferencias para entender la realidad de las mujeres al interior de la Escuela y su comparación con sus pares masculinos.

La Figura 2 describe el porcentaje de estudiantes mujeres que se han matriculado en Ingeniería UC en los últimos cinco años. El porcentaje de mujeres matriculadas el año 2017 es significativamente mayor a los porcentajes de los años 2012 y 2013, observándose un alza sistemática en la representación femenina en la Escuela.

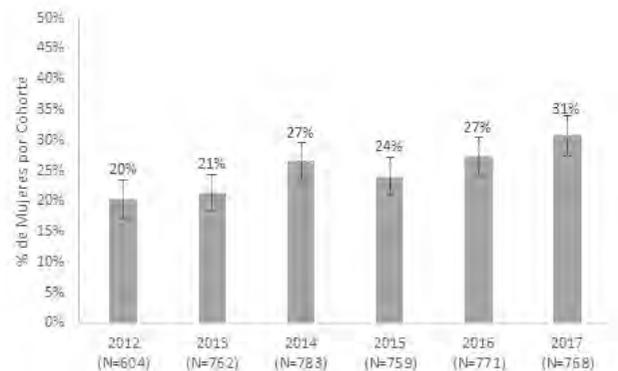


Figura 2. Porcentaje de estudiantes mujeres en la matrícula de Ingeniería UC de los últimos 5 años (barras indican intervalo para la proporción de mujeres considerando un alfa de 0,05)

En base a los datos de la matrícula 2017, se evaluó la relación entre la variable género y otras variables demográficas de interés, tales como vía de admisión, región de origen y dependencia de establecimiento. Los resultados de pruebas de  $\chi^2$  entre estas variables indican que existe una relación significativa entre género y vía de admisión, y género y dependencia de establecimiento educativo. Un importante porcentaje de mujeres ha sido admitido a través del programa “Talento e Inclusión”, vía de admisión alternativa para estudiantes de colegios municipales y particulares subvencionados que hayan obtenido un buen rendimiento académico en la enseñanza media (a través de NEM y ranking), un rendimiento razonable en la PSU, y haber demostrado otras habilidades tales como liderazgo, capacidad intelectual, resiliencia y motivación por la carrera. Por lo tanto, también se observa una relación significativa entre género y dependencia de establecimiento, no así entre género y región de origen.

Tabla 1. Relación entre género u otras variables demográficas según pruebas de hipótesis de dos proporciones (chi-cuadrado)

	Hombres	Mujeres	$\chi^2$ (Valor p)
<b>Admisión (*)</b>			
Regular	72% (467)	28% (183)	<b>23.25</b> <b>(0,000)</b>
Talento+Inclusión (Bajo Puntaje de Corte)	41% (24)	59% (38)	
<b>Dependencia de establecimiento (**)</b>			
Particular Pagada	73% (390)	28% (148)	<b>10.73</b> <b>(0,001)</b>
Municipal y Particular Subvencionada	60% (127)	40% (84)	
<b>Región de Origen</b>			
Región Metropolitana	70% (405)	30% (177)	0,113 (0,736)
Otras regiones	68% (127)	32% (59)	

**Notas:**

(\*) El análisis de admisión deja fuera a los estudiantes admitidos vía especial de otros programas, tales como selección deportiva, beca excelencia académica, etc.

(\*\*) El análisis vía dependencia de establecimiento deja fuera parte de la matrícula de la cual no se tenía información.

La Figura 3 compara el rendimiento promedio en términos de Promedio Ponderado Acumulado (PPA) de los hombres con el de las mujeres durante el primer semestre de la carrera, considerando únicamente al grupo de estudiantes admitidos vía regular. Los años representan a diferentes cohortes de admisión, y las barras de error los intervalos de confianza al 95% de significancia ( $\alpha=0,05$ ). Los resultados no muestran diferencias estadísticamente significativas para ninguna de las cohortes. La Figura 4 muestra la misma información que la Figura 3 pero para el segundo semestre. Tampoco se observan diferencias estadísticamente significativas para ninguna de las cohortes. Es más, se observa que las diferencias de los promedios entre hombres y mujeres son menores en comparación a los resultados del primer semestre. Estos resultados muestran que, a pesar de la diferencia entre el número de estudiantes mujeres, no existen diferencias

significativas en relación a su rendimiento académico o nivel de deserción.

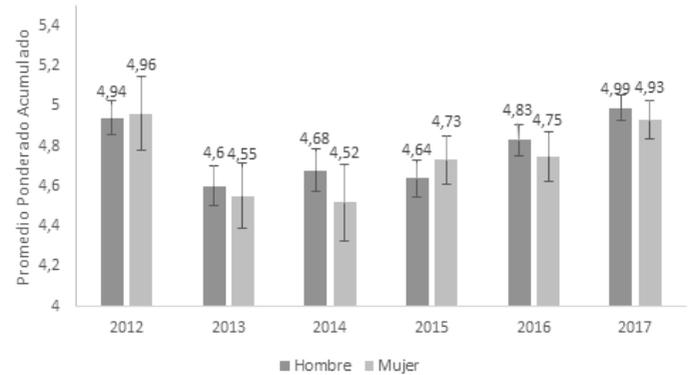


Figura 3. Promedios ponderados acumulados para el primer semestre por género.

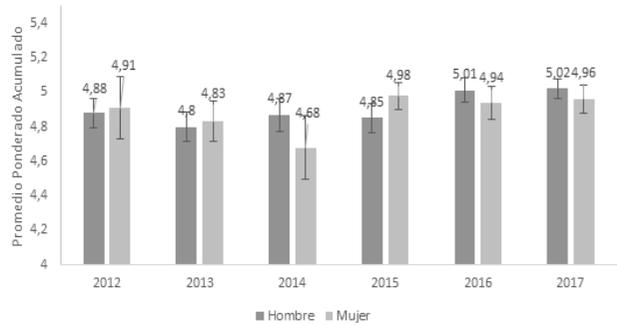


Figura 4. Promedios ponderados acumulados para el primer semestre por género.

La Figura 5 muestra las tasas de deserción al tercer semestre de la carrera para las diferentes cohortes de admisión. Estos resultados únicamente hacen referencia a los estudiantes admitidos vía regular. Las barras de error muestran los intervalos de confianza al 95%. No se observan diferencias estadísticamente significativas entre hombres y mujeres para ninguna de las cohortes, lo cual se confirmó a través de pruebas de hipótesis de dos proporciones para cada cohorte (chi-cuadrado).

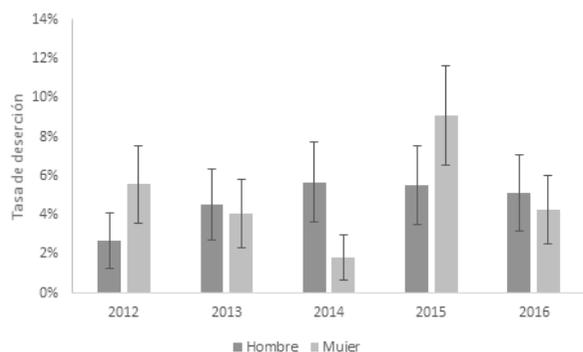


Figura 5. Tasa de deserción de mujeres estudiantes por cohorte.

## Conclusiones

Como se aprecia en los datos, la Escuela de Ingeniería UC ha experimentado un avance significativo en el porcentaje de alumnas que ingresan a la carrera de ingeniería. Este aumento de mujeres en ingeniería coincide con la puesta en marcha del conjunto de iniciativas que se han instaurado regularmente en la Universidad Católica y que refuerzan el valor de los *role models* y el enriquecimiento del proceso de admisión. Sin embargo, los resultados son aún muy bajos comparado con valores internacionales (50% según Corbett y Hill, 2015). Un resultado muy alentador y similar a lo observado en la bibliografía, es que el rendimiento tanto el primer semestre como acumulado en la carrera no depende del género del estudiante. Más aún, dadas las bajas tasas de deserción de la carrera (menores al 10%), no se observan grandes diferencias entre hombres y mujeres, por lo que se puede presumir que no hay razones asociadas al género. Así, aumentar el número de estudiantes ingenieras es aún un desafío para las Escuelas de Ingeniería chilenas, y su responsabilidad es buscar y experimentar con soluciones que lo hagan sin arriesgar aspectos de rendimiento ni aumentando la deserción.

## Referencias

Bishop, A. E. (2015). Career aspirations of high school males and females in a science, technology, engineering, and mathematics program (Doctoral dissertation, University of Maryland, College Park).

Blackburn, H. (2017). The Status of Women in STEM in Higher Education: A Review of the Literature 2007–2017. *Science & Technology Libraries*, 36(3), 235-273.

Yoder, B. L. (2012). Engineering by the Numbers. In American Society for Engineering Education. Available at <https://www.asee.org/papers-and-publications/publications/college-profiles/15EngineeringbytheNumbersPart1.pdf>

Corbett, C., & Hill, C. (2015). Solving the equation: the variables for women's success in engineering and computing. *The American Association of University Women*.

Franzway, S., Sharp, R., Mills, J. E., & Gill, J. (2009). Engineering ignorance: The problem of gender equity in engineering. *Frontiers: A Journal of Women Studies*, 30(1), 89-106.

Hill, C., Corbett, C., & St Rose, A. (2010). Why so few? Women in science, technology, engineering, and mathematics. American Association of University Women. 1111 Sixteenth Street NW, Washington, DC 20036.

Van Noorden (2015). Nature. US women progress to PhD at same rate as men. Available at: <http://www.nature.com/news/us-women-progress-to-phd-at-same-rate-as-men-1.16939>



# NATURALEZA DE LA FUERZA DE ARRASTRE EN MEDIOS GRANULARES

Francisco Martinez <sup>1,2,\*</sup>, Antoine Seguin <sup>1,2</sup>, Corentin Coulais <sup>1,2</sup>, Yann Bertho <sup>2</sup>, Philippe Gondret <sup>2</sup>

## RESUMEN

*Desde hace algunas décadas ha cobrado especial interés la comprensión del origen de la fuerza de resistencia o simplemente el arrastre sobre objetos que se desplazan dentro de un material granular. A diferencia de un fluido, poco conocemos sobre esta fuerza en medios de esta naturaleza, donde usualmente la reología es compleja y se deben tomar en cuenta tanto el carácter disperso de la fase sólida del medio, como su estado termodinámico. El presente artículo tiene por objeto mostrar algunas propiedades generales de esta fuerza y sus características reológicas asociadas que se han obtenido como resultado de la tesis doctoral del autor, basada en diversas investigaciones experimentales de penetración de intrusos en medios granulares monodispersos de carácter rígido y también en medios constituidos por partículas fotoelásticas.*

---

(\*) Actualmente Profesor Asociado en Escuela de Ing. Civil, Facultad de Ingeniería PUCV. Correo: [francisco.martinez@pucv.cl](mailto:francisco.martinez@pucv.cl)

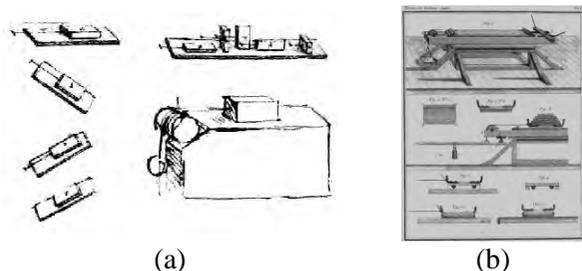
<sup>1</sup> Laboratoire FAST, Université Paris-Sud, CNRS, Université Paris-Saclay, F-91405, Orsay, France

<sup>2</sup> SPEC, CEA, CNRS, Université Paris-Saclay, CEA Saclay F-91191 Gif-sur-Yvette, France

# 1 INTRODUCCION

## 1.1 Un poco de historia

La comprensión del origen de la fuerza de resistencia al desplazamiento de objetos en un cierto medio, es un fenómeno cuyo estudio ya es de larga data. Leonardo Da Vinci (siglo XV) fue uno de los primeros en medir este tipo de fuerzas a través de experimentos de deslizamiento de bloques sobre distintos tipos de planos (Figura 1-a). Más tarde, Amontons a comienzos del s. XVIII y Coulomb (1821), dieron mayor rigurosidad a estos experimentos, incorporando otras propiedades tales como la aspereza de las superficies en contacto (Figura 1-b) y definiendo las primeras leyes de fricción. Todos estos trabajos contribuyeron significativamente a sentar las bases de la tribología, campo que es considerado hoy en día una rama importante de la mecánica.



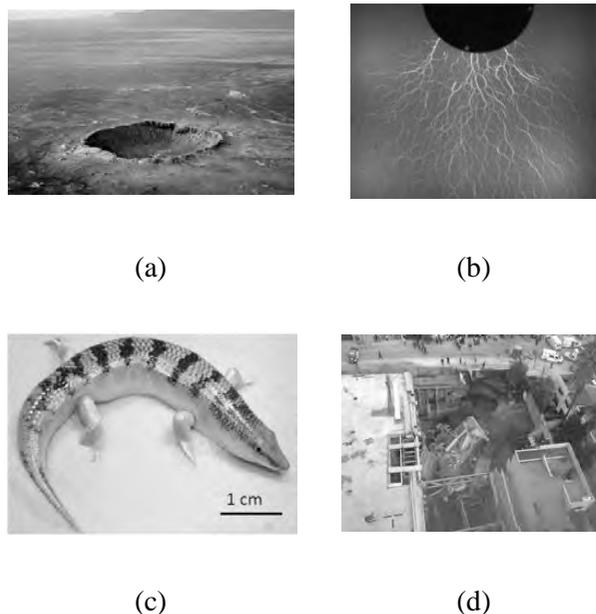
**Figura 1** - (a) Bosquejos de ensayos de fricción realizados por Da Vinci (extraído de <http://www.nano-world.org>) y (b) experimentos de tracción de bloques rígidos sobre planos rugosos realizados por Charles-Augustin de Coulomb (gentileza *Gallica*, Biblioteque Nationale de France)

Ya a comienzos del siglo XIX, y hasta nuestros días, varios científicos abordaron este fenómeno interesados especialmente en el movimiento de objetos en fluidos. Stokes fue el primero en deducir teóricamente una expresión para la fuerza de resistencia o simplemente fuerza de arrastre sobre una esfera de diámetro  $d$  que sedimenta en un fluido newtoniano, sin efectos de confinamiento. Stokes determinó que  $F = 3\pi\eta dV_0$ , donde  $\eta$  es la viscosidad del fluido y  $V_0$  la velocidad de la esfera (H. Lamb, 1932).

Posteriormente, Ludwig Prandtl comenzó una serie de investigaciones tanto teóricas como experimentales, que exploraron las propiedades de la resistencia aerodinámica sobre objetos. Prandtl fue pionero en introducir el concepto de capa límite que hasta ese momento era una propiedad poco comprendida del escurrimiento de fluidos viscosos y fue sin duda un avance significativo en la comprensión de los mecanismos responsables de la disipación energética de flujos alrededor de obstáculos (J. Anderson, 2005).

Por cierto, éste tampoco fue un problema ajeno al interés de E. Purcell (1977) y el propio G. I. Taylor. Ambos, interesados en comprender los mecanismos de propulsión y arrastre hidrodinámico de ciertos organismos en medios altamente viscosos a bajo número de Reynolds, sentaron las bases de un novel campo de investigación conocido como *hidrodinámica a bajo número de Reynolds*, el cual visa el estudio de las propiedades hidrodinámicas del flujo alrededor de microorganismos y objetos de tamaño micrométrico. A pesar de su reducida escala, estas observaciones han sido usadas para diseñar y perfeccionar los sistemas de propulsión utilizados actualmente por el hombre.

Como se puede apreciar, bastantes personajes han contribuido a mejorar nuestra comprensión sobre la fuerza de arrastre cuando tratamos con materiales líquidos o gaseosos. Sin embargo, cuando enfrentamos un material granular el escenario puede ser diametralmente opuesto. El interés en esta área ha sido más bien reciente, movilizado por su aplicación en varios campos. Por ejemplo, la formación de cráteres de impacto (Figura 2-a) ha llamado la atención de astrónomos, físicos y especialmente geólogos, debido a la gran escala de este fenómeno capaz de moldear la superficie terrestre (Melosh 1996; Walsh *et al.* 2003; de Vet & de Bruyn 2007).



**Figura 2** - a) Cráter formado por el impacto de un meteorito en Arizona, EEUU, (b) visualización de redes de esfuerzos en material fotoelástico debido al impacto de un objeto (Clark *et al.* 2012), (c) lagartija del desierto usada como modelo biomecánico para el estudio de fuerzas de arrastre granular y (d) problemas de fallas mecánicas en suelos en regiones habitadas.

Desde el punto de vista físico, estas dinámicas son muy rápidas y violentas e involucran esencialmente la interacción entre un objeto rígido y un medio granular. Aquí resulta de interés modelar adecuadamente la fuerza de repulsión ejercida por el medio (suelo) sobre el objeto (meteorito), para lo cual existen varios modelos matemáticos siendo el más clásico el de Poncelet (1826). Estos modelos han podido ser perfeccionados debido a avances recientes en técnicas experimentales de visualización como ocurre con la fotoelasticidad o la visualización con apoyo de rayos láser, sumados a los progresos aportados por el desarrollo de herramientas computacionales que han permitido simular numéricamente estos escenarios (Seguin *et al.* 2009; Lohse *et al.* 2004). En este contexto, la fotoelasticidad ha cobrado gran importancia, dado que es posible visualizar las redes de esfuerzo generadas a partir de los puntos de contacto entre los granos (Figura 2-b). Dantu (1957) fue un pionero en aplicar esta técnica a medios granulares y su uso se ha extendido también a situaciones que involucran el desplazamiento de intrusos en medios dispersos (Seguin *et al.* 2011).

En otras áreas, tal vez menos conocidas, como la biomecánica, interesa comprender la mecánica de movimiento de ciertos organismos cuando se desplazan en medios arenosos. Esto ocurre con algunas arañas y lagartijas del desierto (Figura 2-c), que pueden desplazarse sorprendentemente con gran agilidad tanto sobre la superficie libre, como dentro del medio. Algunas investigaciones recientes han logrado reproducir a escala de laboratorio el movimiento de las extremidades de estos organismos, caracterizando los esfuerzos de la masa granular sobre éstas y la influencia de la velocidad y dirección del movimiento (Li *et al.* 2013)

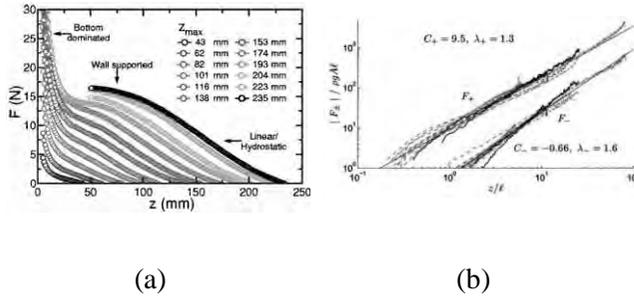
Finalmente, en el campo de la geotecnia, es de interés comprender las propiedades de resistencia mecánica de suelos para el diseño de fundaciones seguras que eviten problemas de hundimiento de terreno (Figura 2-d). Para ello se conocen desde hace bastante tiempo los test de *penetrometría*, donde se mide la resistencia a la penetración de un objeto en un medio granular. La dificultad de penetración es una medida de la resistencia mecánica del suelo. En lo que sigue veremos varios estudios que se han inspirado en los fenómenos recién descritos, y que han explorado diversas propiedades de la fuerza de resistencia.

## 1.2 Medición de la fuerza de resistencia en medios granulares

Wieghardt (1974, 1975) fue un pionero en abordar este fenómeno, realizando mediciones sistemáticas de la fuerza de resistencia  $F$  sobre una barra vertical inmersa en un volumen de esferas mono-dispersas de diámetro  $d$ , densidad  $\rho$  y concentración volumétrica  $\phi$ , contenidas en un recipiente cilíndrico rotatorio. El autor determinó que esta fuerza no dependía significativamente de la velocidad  $V$  de rotación del recipiente ni de  $d$ . Por el contrario, esta fuerza si depende linealmente tanto de la profundidad  $z$  de enterramiento, como del diámetro  $D$  de la barra.

La mayor parte de los posteriores estudios se han inspirado en el trabajo de Wieghardt y han verificado buena parte de los resultados obtenidos por este autor, bajo las condiciones usadas en sus experimentos (R. Albert *et al.* 1999). Estos trabajos han abordado otros aspectos tales como: la influencia de la geometría del objeto (I. Albert *et al.* 2001; Hill *et al.* 2005) o incluso

las condiciones de confinamiento (Stone *et al.* 2004) como se observa en la Figura 3-a. Stone *et al.* exploró la influencia de la cercanía del objeto a una pared rígida de fondo, determinó que la fuerza se comporta linealmente al comienzo de la penetración (lejos de la pared), es cuasi constante en posiciones intermedias (lo que atribuyen a un efecto Janssen) y finalmente un fuerte incremento de tipo exponencial cuando el objeto se aproxima a la pared.



**Figura 3** - (a) Efectos de proximidad a una pared de fondo, sobre la fuerza de resistencia sobre un disco (Stone *et al.* 2001) y (b) asimetría de la fuerza de arrastre adimensional en ciclos de penetración (+) y extracción (-) según el estudio de Hill *et al.* 2005

Hill *et al.* (2005) y Schröter *et al.* (2007) abordaron además la influencia de la dirección del movimiento, midiendo la fuerza sobre éste en ciclos de penetración y extracción en un medio granular semi-confinado (Figura 3-b). Estas experiencias revelaron un comportamiento asimétrico de la fuerza, cuya magnitud en penetración puede ser hasta un orden superior que la medida en extracción. Estos resultados fueron parte del foco de interés reciente F. Martínez (2013), encontrando una conexión directa con las condiciones de confinamiento del material más que la propia acción de la gravedad.

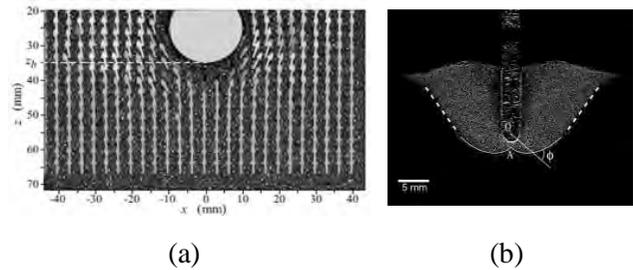
La mayor parte de los estudios anteriores comparten algunos patrones. En primer lugar, todas ellas se desarrollan en un régimen cinemático que podemos denominar *lento* donde la velocidad del objeto varía usualmente en el rango de 0 hasta 0,5 m/s y el número de Reynolds granular  $Re_g = Vd/\nu \ll 1$ , siendo  $\nu$  el equivalente a una viscosidad del medio, dependiente de la temperatura granular  $T$ .

Si descartamos la influencia de paredes rígidas, se puede aceptar, en este régimen que a una profundidad  $z$  la presión granular  $P$  está dominada por su componente hidrostática  $\rho\phi gz$ , pudiéndose plantear que  $F \propto P$ .

Más aún, la dependencia lineal respecto del diámetro del objeto no revela otro hecho más que  $F \propto S$ , donde  $S = \pi D$  es la superficie frotante del objeto. En este cuadro, resulta natural postular que  $F \propto PS$ , donde el producto  $PS$  puede interpretarse como una fuerza de presión normal a la superficie del objeto. Tal como ocurre en casos de fricción sólida, se puede definir el coeficiente de fricción efectivo  $\mu_{ef}$  como:

$$\mu_{ef} = \frac{F}{PS} \quad (1)$$

En este régimen,  $\mu_{ef}$  puede alcanzar valores muy superiores a la unidad, lo que podría ser un indicio de ciertas características reológicas no locales en esta dinámica (Caballero-Robledo & Clement, 2009) y que al día de hoy no están bien entendidas. En este contexto, en el laboratorio FAST (Francia), Seguin *et al.* (2011, 2013) realizó mediciones del campo de velocidad (Figura 4-a) del flujo granular generado alrededor de un cilindro de diámetro  $D$  penetrando un volumen de esferas de vidrio. Tales mediciones arrojaron la existencia de una escala de longitud característica del cizalle inducida por el paso del objeto, esto es  $\lambda = \alpha D + \beta d$ , donde  $\alpha = 2,4$  y  $\beta = 1,3$  son constantes numéricas.



**Figura 4** - (a) Campo de velocidad de flujo en experimentos de penetración de un cilindro (Seguin *et al.* 2011), y (b) líneas de ruptura interna observada en experimentos de penetración de un "dedo" rígido en un medio granular monodisperso (Hamm *et al.* 2011)

Este cizalle puede concentrarse en bandas que se crean y destruyen sucesivamente alrededor del objeto y que además pueden extenderse hasta la superficie del lecho granular, adoptando geometrías de tipo espiral logarítmica, como muestra la Figura 4-b obtenida del estudio de Hamm *et al.* (2011). Recientemente se ha demostrado, que esta geometría particular puede ser predicha a partir de la Teoría de Planos de Ruptura (*Slip-line Theory*) popularizada por Prandtl.

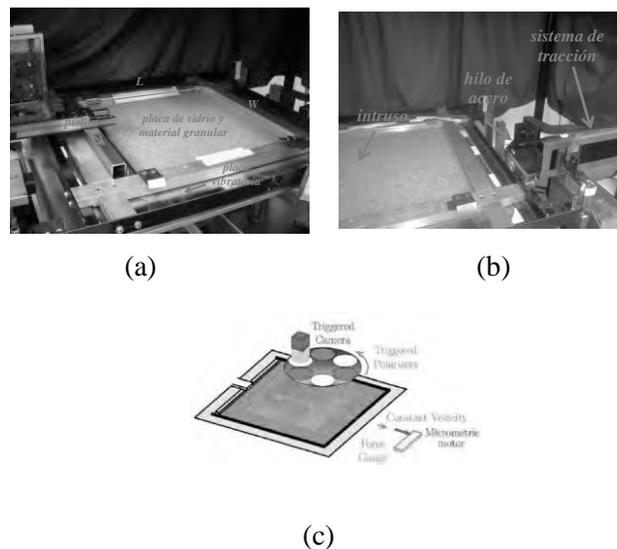
Recientemente Pang *et al.* (2013) verificaron exitosamente esta teoría para el caso de la penetración de un cilindro en un medio granular seco y monodisperso, lo que proporciona un auspicioso panorama para tratar analíticamente este problema.

## 2 MONTAJE EXPERIMENTAL

### 2.1 Características de los experimentos

En el centro CEA Saclay se condujeron experimentos de penetración de un disco metálico (intruso) de diámetro  $D$  variable entre 8 y 32 mm, colocado en una cierta posición inicial al interior de una celda rectangular horizontal, de largo  $L$  variable entre 370 y 393 mm y de ancho  $W$  del orden de 400 mm, como se observa en la Figura 5-a. Esta celda contiene una monocapa horizontal de discos birrefringentes, deformables y de diámetros  $d$ , variables entre 4 y 5 mm. La presencia de dos tamaños diferentes impide la aparición de efectos de *crystalización granular*. El carácter birrefringente de los granos, hace que éstos puedan desviar la polarización de la luz incidente sobre el medio, al ser sometido a un cierto estado de deformación. A mayor deformación, mayor intensidad de polarización y por ende, mayor el esfuerzo aplicado en los puntos de contacto entre los granos.

El disco está conectado en su extremo, a un sistema de tracción mecánico que tira el intruso a velocidad  $V_0$  constante (Figura 5-b). Esta velocidad varía en el rango 0,001 mm/s hasta 5 mm/s. Un sensor de fuerza está igualmente conectado a este sistema, de forma que es posible registrar la fuerza  $F$  sobre el intruso durante su desplazamiento  $\Delta x$  que es variable en el rango  $\frac{\Delta x}{D} \approx 8-10$ . Esta fuerza se traduce en una señal voltaica que es registrada por el ordenador a una frecuencia controlada y que se transforma a unidades de fuerza usuales, por medio de una calibración previa del sensor.



**Figura 5** - (a) Imágenes del conjunto de discos fotoelásticos y de la celda con sus dimensiones características ( $L, W$ ). Observamos el pistón que permite confinar los granos y además la placa vibrante y la placa en vidrio, (b) sistema de tracción del intruso y (c) esquema de la instalación experimental y del sistema de captura y polarización de imágenes.

La placa sobre la cual se apoya el material, se encuentra empujada a un sistema mecánico que puede oscilar a una cierta frecuencia  $f$  variable en el rango 0-10 Hz y amplitud  $A$  constante igual a 10 mm. De esta manera, se puede inducir un estado de agitación generalizada de los granos lo que nos permite estudiar la influencia de la energía cinética inyectada al sistema, sobre la fuerza ejercida sobre el intruso. La instalación cuenta además con un pistón en su extremo superior, con el cual podemos fijar la compacidad global inicial  $\phi$  del material, variable entre 76% hasta 82% aproximadamente.

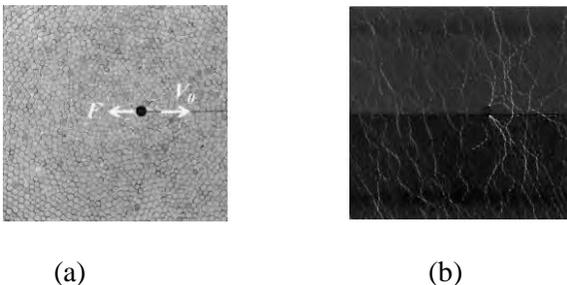
Finalmente, una cámara ubicada sobre el medio permite registrar el movimiento del objeto y de los granos. Acoplada a ella se encuentra un sistema de polarizadores cruzados, que funcionan de manera sincronizada a los tiempos de captura de imágenes. Este sistema permite obtener una imagen polarizada y otra sin polarizar, de forma consecutiva durante toda la corrida del objeto, como se esquematiza en la Figura 5-c. Estas imágenes son tratadas posteriormente mediante un algoritmo ad-hoc. La instalación aquí descrita es operada de manera totalmente automática y todos los parámetros que hemos descrito pueden ser controlados desde un ordenador mediante de una rutina programada con el software LabView.

### 3 ALGUNOS RESULTADOS

#### 3.1 Descripción cualitativa de los resultados

La Figura 6-a muestra una imagen típicamente observada sin el uso de los polarizadores cruzados y otra que ha sido capturada usando el sistema de polarización (Figura 6-b). La imagen polarizada, revela que si bien la red de esfuerzos se propaga en todas direcciones, ésta se concentra principalmente en la vecindad del frente de avance de intruso y tras él, aparece una zona de vacío que también se ha observado en otros estudios (Kolb *et al.* 2004, 2013; F. Martinez 2013).

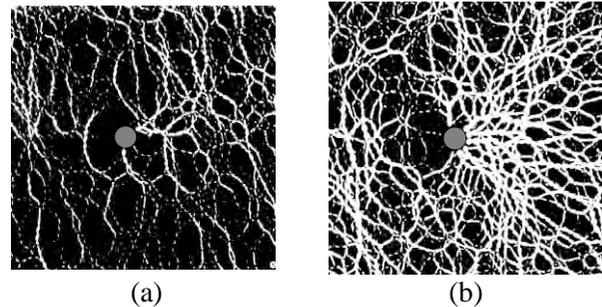
Este hecho ha sido observado experimentalmente en ensayos de penetración vertical de un cilindro o una esfera (Seguin *et al.* 2013), donde la masa granular delante del objeto parece plastificarse a medida que éste avanza. P.Cixous (2010) ha caracterizado de manera detallada esta zona de vacío usando una instalación de similares características y encontrando una influencia directa del diámetro del objeto y de la compacidad global  $\phi$  sobre el tamaño de esta zona. Otros autores han planteado incluso que la existencia de esta zona de vacío es necesaria para que el material dilate y así los granos puedan reorganizarse permitiendo el paso del intruso a través de él (Hill *et al.* 2005).



**Figura 6** - Imágenes típicamente obtenidas en una experiencia cualquiera, (a) sin polarizadores cruzados y (b) con los polarizadores. Aquí  $D = 8$  mm,  $V_0 = 1$  mm/s y  $f = 10$  Hz.

Experimentos conducidos a una compacidad (concentración) mayor muestran que la red de esfuerzos no solo tiende a ramificarse en todas direcciones, sino que además sigue concentrada fuertemente en el frente de ataque del objeto como se observa en la Figura 7-a. Nótese que las líneas de esfuerzo tienden a alinearse verticalmente, es una consecuencia de la dirección en que es agitado del medio. La Figura 7-b muestra la

situación para una compacidad cercana a la máxima posible de generar en la instalación. En este escenario, la cantidad de vacíos se reduce de manera importante y los granos son forzados a deformarse significativamente. Esto último deslinda en un escenario de fuerte resistencia al desplazamiento del intruso, resultado que también es observado cuando aumenta la velocidad  $V_0$ .



**Figura 7** - Imágenes obtenidas para una posición central del intruso (círculo en rojo), donde  $D = 16$  mm,  $V_0 = 1$  mm/s y  $f = 10$  Hz. La compacidad global del medio es (a)  $\phi = 80,2\%$  y (b)  $\phi = 81,8\%$ . La dirección de movimiento es de izquierda a derecha.

Para altas compacidades, la red de esfuerzos puede llegar hasta las paredes rígidas de la celda, lo que incrementa aún más la resistencia y, a diferencia del caso anterior, aquí las líneas de esfuerzo ya no se alinean necesariamente con la dirección de agitación.

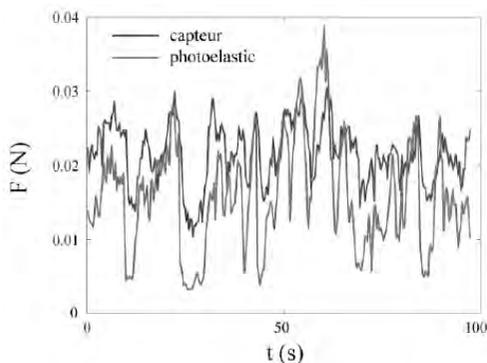
#### 3.2 Acerca de la reología del material

Las mediciones de la fuerza de resistencia sobre el intruso obtenidas con el captor mecánico, han sido contrastadas con aquella obtenida a partir de la integración de esfuerzos sobre la superficie del objeto. Para determinar dichos esfuerzos se hizo uso de un código de programación en lenguaje Matlab desarrollado durante la tesis de C. Coulais (2012). Con este algoritmo es posible identificar la posición de las partículas y los puntos de contacto entre ellas, aplicando el principio de triangulación de Delaunay.

Cada punto de contacto, tiene asociada un área de contacto sobre la cual es posible calcular los gradientes de respuesta óptica del material y con ellos las respectivas fuerzas tangenciales y normales, asociadas a cada punto de contacto. Drescher (1972) propuso un conjunto de expresiones que permite estimar los esfuerzos generados en estos puntos a partir de este proceso, para una partícula en interacción con sus

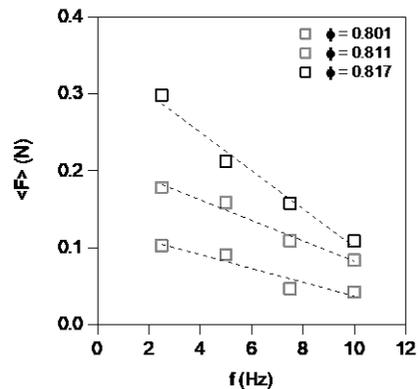
vecinas. Sugerimos al lector referirse a dicho artículo para consultar más detalles.

Nos contentaremos aquí con la comparación entre la fuerza medida por el sensor mecánico y aquella realizada a partir del algoritmo de Drescher, como se observa en la Figura 8. Ambas señales son fuertemente fluctuantes, lo que es una característica propia de un proceso en el cual las cadenas de esfuerzos se crean y destruyen sucesivamente. Por cierto, ambas mediciones están bien correlacionadas entre sí y las discrepancias provienen del hecho que las colisiones entre los granos y el objeto no son siempre capturadas por el gradiente óptico, pero sí por el captor mecánico.

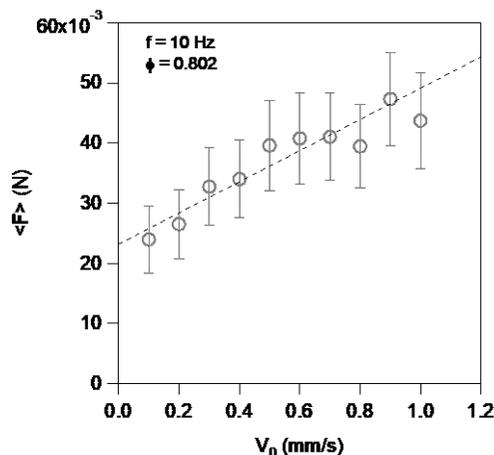


**Figura 8** – Señales de fuerza obtenidas mediante el captor mecánico (azul) y calculando directamente el esfuerzo a partir de las imágenes polarizadas (rojo).

De estas señales es posible extraer una fuerza promedio temporal que denotaremos simplemente por  $\langle F \rangle$ . La Figura 9-a muestra que  $\langle F \rangle$  decrece a medida que aumenta la agitación del medio granular, para distintos niveles de compacidad. Este hecho sugiere un efecto de *fluidización* del material, haciendo que éste ofrezca menor resistencia al desplazamiento del intruso. Esta fluidez es capturada de manera más clara, al realizar ensayos a máxima frecuencia de agitación ( $f = 10 \text{ Hz}$ ) y distintas velocidades de desplazamiento del objeto, como se observa en la Figura 9-b.



(a)



(b)

**Figura 9** – Fuerza de arrastre promedio  $\langle F \rangle$  sobre un intruso ( $D = 8 \text{ mm}$  y  $V_0 = 1 \text{ mm/s}$ ) en función de (a) la frecuencia de agitación  $f$  y distintos valores de  $\phi$  y en función de (b) la velocidad  $V_0$  del intruso para  $f = 10 \text{ Hz}$ .

Esta curva sugiere un comportamiento lineal de la fuerza a partir de un cierto valor umbral  $\langle F_0 \rangle \simeq 22N$ , lo que desde el punto de vista reológico se asimila al comportamiento de un fluido viscoplástico. Visto de esta manera, podemos extraer a partir del tensor de esfuerzos  $\sigma$  algunos invariantes escalares que nos invitan a profundizar sobre este comportamiento, entre ellas: la presión granular  $P(x, y)$ , el esfuerzo tangencial  $\tau_{VM}(x, y)$  y la tasa de cizalle  $\dot{\gamma}_{VM}(x, y)$ . Estas variables se pueden calcular de la siguiente manera:

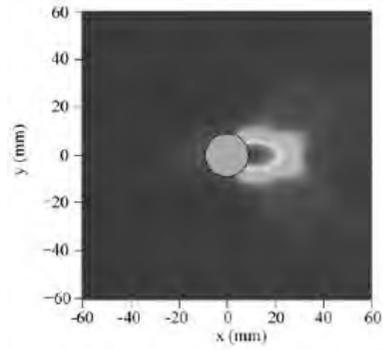
$$P = -\frac{1}{2} \text{tr}(\sigma) \quad (2)$$

$$\tau_{VM} = \sqrt{\text{tr}(\tau^2)} \quad (3)$$

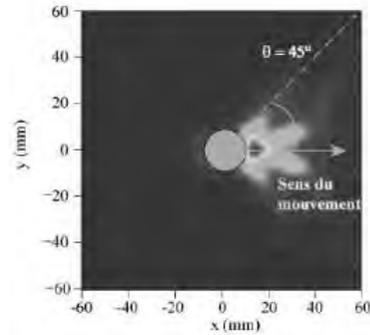
$$\dot{\gamma}_{VM} = \sqrt{\text{tr}(\mathbf{D}^2)} \quad (4)$$

Donde  $\tau = \sigma + PI$  es el tensor desviatorio y  $\mathbf{D} = \frac{1}{2}(\nabla \mathbf{u} + \nabla^t \mathbf{u})$  el tensor tasa de deformación calculado a partir del campo cinemático  $\mathbf{u}(x, y)$ . La Figura 10 muestra el promedio temporal de estas variables durante una corrida típica del objeto. El campo de presiones (Figura 10-a) se concentra fuertemente en el frontis del intruso, como habíamos anticipado al observar la distribución de las redes de esfuerzo (Figura 7).

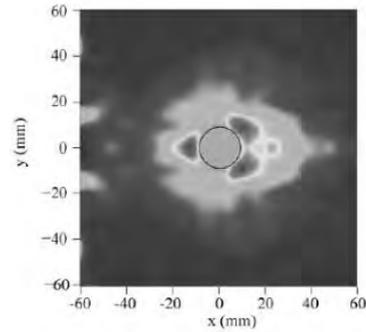
Esta tendencia se replica en el campo de tensiones tangenciales, donde las direcciones de cizalle tienden a alinearse en ángulos cercanos a  $\pi/4$  respecto del eje de movimiento, como se desprende de la Figura 10-b. Respecto de la tasa de cizalle, en la Figura 10-c se observan tres zonas de fuerte intensidad: dos de ellas simétricamente distribuidas en el frontis del objeto y la tercera tras de él. Si bien, la magnitud de los esfuerzos es despreciable en esa zona, la existencia de un gradiente de velocidad no nulo y de igual intensidad en el frontis y tras el intruso, sugiere que los granos parecen acomodarse tan rápido como avanza el objeto, de forma de permitir su desplazamiento.



(a)



(b)



(c)

**Figura 10** – Variación espacial de las cantidades escalares para un intruso con  $D = 16$  mm,  $V_0 = 1$  mm/s y  $\phi = 76\%$ . Campos de (a) presión  $P(x, y)$ , (b) el esfuerzo tangencial  $\tau_{VM}(x, y)$  y (c) la tasa de cizalle  $\dot{\gamma}_{VM}(x, y)$ . Las zonas en rojo (azul) corresponden a zonas de fuerte (débil) intensidad.

Para caracterizar de manera más precisa la reología de este medio, se condujeron más experimentos a distintas velocidades del intruso, pero la misma compacidad. En este contexto, resulta conveniente definir una nueva variable que capture la fluidez del material y que denominaremos viscosidad local  $\eta$ , definida punto a punto del espacio como:

$$\eta = \frac{\tau_{VM}}{\dot{\gamma}_{VM}} \quad (5)$$

La ecuación (5) nos indica que la viscosidad se obtiene a partir de las Figuras 10-b y 10-c. Estos cálculos han mostrado la constancia radial de esta variable en una región angular concentrada en el frente del objeto, lo que nos autoriza a estudiar el valor medio de esta variable cuyo comportamiento se aprecia en la Figura 11-a. Allí, se observa claramente una aminoración de  $\eta$  a medida que aumenta  $\dot{\gamma}_{VM}$ , lo que nos invita a pensar en un comportamiento reológico de carácter *reofluidizante*. Este comportamiento, puede ser capturado también por el coeficiente de fricción cuando es contrastado con el número de inercia  $I$ , como sugiere el estudio realizado por GDR Midi (2004). Según Andreotti *et al.* (2011), este número adimensional fue introducido originalmente por da Cruz *et al.* y es una medida del estado “termodinámico” al que se encuentra sometido el material granular. Este parámetro se define usualmente como:

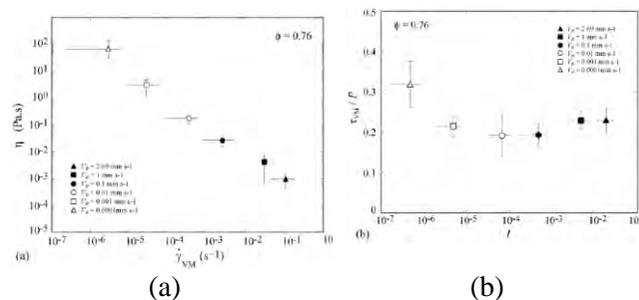
$$I = \frac{\dot{\gamma}_{VM} d}{\sqrt{P/\rho}} \quad (6)$$

Valores en el rango  $I \leq 10^{-3}$  indican que las deformaciones del material que ocurren a la velocidad  $\dot{\gamma}_{VM} d$  son mucho más lentas respecto de la rapidez de reorganización de los granos  $\sqrt{P/\rho}$ , estableciendo así un régimen denominado *cuasi-estático*. Caso contrario se observa cuando  $I \geq 10^{-1}$ , generando un régimen hidrogranular que se asimila al estado *gaseoso*. Finalmente, un régimen similar al de un *fluido* se observa para valores intermedios de este número.

Tal como introdujimos al comienzo de este artículo, podemos entonces definir punto a punto el coeficiente de fricción del material  $\mu_{eff}$  como:

$$\mu_{eff} = \frac{\tau_{VM}}{P} \quad (7)$$

De la misma forma como hicimos con la viscosidad, es posible promediar espacialmente este coeficiente lo que nos conduce a la Figura 11–b donde se observa la curva  $\mu_{eff}$  en función de  $I$ . A medida que aumenta  $I$ , resulta un claro efecto de disminución de  $\mu_{eff}$  de 0.3 a valores que tienden a estabilizarse alrededor de 0.2. Este resultado parece sugerir un efecto de “alisamiento” del material, esto es, el medio se vuelve menos friccional y la velocidad de reorganización de los granos parece quedar condicionada exclusivamente por la del intruso, independizándonos parcialmente de la agitación del medio.



**Figura 11** - a) Variación del coeficiente de viscosidad  $\eta$  en función de la tasa de deformación angular  $\dot{\gamma}_{VM}$  y b) variación de  $\mu_{eff} = \frac{\tau_{VM}}{P}$  en función del número de inercia  $I$ . En ambas curvas  $D = 16$  mm y  $\phi = 76\%$ .

Notemos que  $\mu_{eff}$  presenta valores inferiores a la unidad, situación muy diferente de la observada en experimentos sin agitación externa, donde este coeficiente puede alcanzar fácilmente magnitudes del orden de 10 o más. Esto reafirma la importancia de incluir en la definición de la reología, un nuevo parámetro que dé cuenta de la temperatura del medio.

## 4 CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS

En este trabajo hemos mostrado algunos resultados parciales relativos a la fuerza de arrastre medida en un material granular. ¿Por qué resulta de interés abordar un problema de esta naturaleza? Principalmente porque es un problema original, aún poco investigado y que tiene implicancias en campos tan diversos como la geofísica, la biomecánica y la reología. Desde el punto de vista de la investigación fundamental, la comprensión y la exploración de las propiedades de esta fuerza, nos

permite extender el concepto de resistencia al movimiento de objetos para medios de características complejas, cuya reología no responde necesariamente a la de un fluido newtoniano. En este sentido, los medios granulares siempre nos están ofreciendo nuevos desafíos experimentales y analíticos, brindando una mirada más amplia a la comunidad ligada a la mecánica de fluidos.

En nuestro estudio hemos tratado de contribuir a profundizar esta mirada abordando el movimiento de un intruso en una monocapa horizontal de discos fotoelásticos. Experiencias de esta naturaleza son recientes y cuyas técnicas de visualización poseen un gran potencial para comprender el fenómeno de ruptura de medios granulares sometidos a forzamientos externos. Si bien, nuestra instalación posee limitaciones evidentes que lo alejan de situaciones más realistas (geometría 2D, partículas deformables, etc.), ella ofrece otras ventajas como la visualización y cuantificación de redes de esfuerzos que se originan durante el desplazamiento del intruso. Este carácter fotoelástico nos ha ayudado a entender que los esfuerzos granulares se intensifican en la vecindad del objeto y donde las cadenas de fuerzas pueden extenderse incluso hasta las paredes de la celda confinante. La destrucción y creación de estas cadenas, otorga a nuestro juicio el carácter fluctuante o de *stick-slip* observado en las señales temporales de fuerza.

Por otro lado, las mediciones realizadas bajo un estado de agitación granular muestran que la viscosidad del medio tiende a decrecer con la tasa de cizalle, lo que revela un estado reológico de tipo *reofluidizante*. Este resultado nos invita a pensar que la fuerza de arrastre parece estar condicionada tanto por efectos de confinamiento, como por la temperatura granular. Cuando el medio se encuentra excitado externamente, encontramos que la fuerza varía cuasi-linealmente con la velocidad del objeto, estableciendo así una analogía con el caso de un objeto que sedimenta en un fluido cuya viscosidad depende de la temperatura. Situaciones de este tipo han sido observadas en el campo de la vulcanología, en un fenómeno conocido como *diapirismo*.

Desde un enfoque de medios continuos y bajo nuestras condiciones, el problema del arrastre granular puede considerarse en principio, similar al fenómeno de penetración lenta de un intruso en un fluido de reología viscoplástica. Los efectos de esta reología pueden extenderse sobre una región cuyo tamaño es del orden de una cierta longitud característica que depende tanto del diámetro del intruso como de los granos, como revelan los estudios de Seguin *et al.* (2011) y Cixous (2010). Reologías de este tipo también reciben la denominación de “no-locales”, dado que extienden el concepto de “localidad” representado por la relación  $\mu_{eff}(I)$ , introduciendo variaciones espaciales de este coeficiente.

Lamentablemente, desconocemos aún cuáles son los efectos sobre esta reología, si los experimentos fuesen realizados con partículas más duras. La dureza del material es un aspecto que hemos ignorado hasta ahora y creemos que podría situar esta fuerza en otro régimen. Del mismo modo, desconocemos cuáles son los efectos del fluido intersticial sobre esta dinámica. Si bien ya se han realizado experiencias de penetración en ambientes inmersos (Constantino *et al.* 2011), no está claro si el efecto de aminoración de la fuerza observado en este caso se debe exclusivamente a un efecto de lubricación del fluido, de la gravedad reducida o tal vez a un cambio en la reología del material. Estas interrogantes permanecen (afortunadamente) aún abiertas y que esperamos abordar en futuras investigaciones.

## AGRADECIMIENTOS

Se agradece al centro Laboratoire FAST y el grupo de investigación *Sphynx* (CEA, Saclay) por haber brindado todas las facilidades para la ejecución del trabajo experimental, así como su personal de apoyo. Del mismo modo extendiendo mis agradecimientos a Antoine Seguin y Corentin Coulais que contribuyeron significativamente con el trabajo y los resultados experimentales aquí mostrados y del cual se benefició el autor para la realización de parte de su tesis doctoral.

## REFERENCIAS

- I. Albert, J. G. Sample, A. J. Morss, S. Rajagopalan, A.L. Barabási and P. Schiffer. *Granular drag on a discrete object: Shape effects on jamming*. Physical Review E, 64(6): 061303. 2001.
- R. Albert, M. A. Pfeifer, A.L. Barabási and P. Schiffer. *Slow Drag in a Granular Medium*. Physical Review Letters, (82):205-208. 1999.
- J. Anderson. *Ludwig Prandtl's Boundary Layer*. Physics Today, Vol. 58 (12), 2005.
- B. Andreotti, Y. Forterre et O. Pouliquen. *Les Milieux Granulaires. Entre Fluide et Solide*. EDP Sciences, 2011.
- G. A. Caballero-Robledo and E. Clément. *Rheology of a sonofluidized granular packing*. European Physical Journal E (30), 395, 2009.
- P. Cixous. *Blocage et écoulement d'un milieu granulaire dense et désordonné autour d'un obstacle rigide*, Thèse de doctorat, Université Pierre et Marie Curie. (2009)
- A. H. Clark, L. Kondic, and R. P. Behringer. *Particle Scale Dynamics in Granular Impact*. Physical Review Letters 109, 238302, 2012
- D. J. Costantino, J. Bartell, K. Scheidler & P. Schiffer. *Low-velocity granular drag in reduced gravity*. Physical Review E 83, 011305, 2011
- C. Coulais. *Milieux granulaires vibrés proches du Jamming: Des liquides figés aux solides mous*. Thèse de Doctorat, Université Pierre et Marie Curie, 2012.
- C.-A. Coulomb. *Théorie des machines simples*. 1821. (<http://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k1095299>)
- P. Dantu. *Contribution à l'étude mécanique et géométrique des milieux pulvérulents*. IV<sup>ème</sup> Congrès Internationale de Mécanique des Sol et Fondations, pp :114-148, Londres, 1957.
- S. J. de Vet and J. R. de Bruyn. *Shape of impact craters in granular media*. Physical Review E, 76(4): 041306. 2007.
- A. Drescher and G. de Josselin de Jong. *Photoelastic verification of a mechanical model for the flow of a granular material*. Journal of Mechanics and Physics of Solids, 20, 337-340, 1972
- E. Hamm, F. Tapia and F. Melo. *Dynamics of shear bands in a dense granular material forced by a slowly moving rigid body*. Physical Review E 84, 041304, 2011.
- G. Hill, S. Yeung, and S. A. Koehler. *Scaling vertical drag forces in granular media*. Europhysics Letters, 72(1): 137-143. 2005.
- E. Kolb, J. Cviklinski, J. Lanuza, P. Claudin and E. Clément. *Reorganization of a dense granular assembly: The unjamming response function*. Physical Review E (69), 031306, 2004.
- E. Kolb, P. Cixous & J. Charmet. *Flow fields around an intruder immersed in a 2D dense granular layer*. Granular Matter, Vol. 16, Issue 2, pp: 223, 2014.
- H. Lamb. *Hydrodynamics*. Cambridge University Press, 1932
- C. Li, T. Zhang and D. I. Goldman. *A Terradynamics of Legged Locomotion on Granular Media*. Science, 339, 1408, 2013.
- D. Lohse, R. Rauhé, R. Bergmann and D. van der Meer. *Granular physics: Creating a dry variety of quicksand*. Nature, 432, 689-690, 2004.
- F. Martinez. *Force de résistance au mouvement d'un objet dans un milieu granulaire*. These de Doctorat, Université Paris-Sud. 2013.
- H. J. Melosh. *Impact cratering: A geologic process*. Oxford University Press. 1989.
- G. D. R Midi. *On dense granular flows*. The European Physical Journal E, 14: 341-365. 2004.
- Pang Y. and Liu C. *Continuum description for the characteristic resistance sensed by a cylinder colliding against granular medium*. Science China, Physics Mechanics and Astronomy, 2013 (doi: 10.1007/s11433-013-5142-1)

- J. V. Poncelet. *Introduction à la mécanique industrielle, physique et expérimentale*. METZ. 1841.
- E. Purcell. *Life at low Reynolds number*. American Journal of Physics, Vol.45, N°1, 1977.
- M. Schröter, S. Nägle, C. Radin and H. L. Swinney. *Phase transition in a static granular system*. Europhysics Letters, 78, 2007.
- A. Seguin, Y. Bertho, P. Gondret and J. Crassous. *Sphere penetration by impact in a granular medium: A collisional process*. Europhysics Letters, 88, 2009.
- A. Seguin, Y. Bertho, P. Gondret and J. Crassous. *Dense granular flow around a penetrating object: Experiment and hydrodynamic model*. Physical Review Letters, 107: 048001. 2011.
- A. Seguin, Y. Bertho, F. Martinez, J. Crassous and P. Gondret. *Experimental velocity fields and forces for a cylinder penetrating into a granular medium*. Physical Review E, 87, 2013.
- M.B. Stone, R. Barry, D.P. Bernstein, M.D. Pelc, Y. K. Tsui and P. Schiffer. *Local jamming via penetration of a granular medium*. Physical Review E, 70(4), 2004.
- A. Walsh, K. Holloway, P. Habdas and J. de Bruyn. *Morphology and Scaling of Impact Craters in Granular Media*. Physical Review Letters, 91(10), 2003.
- K. Wieghardt. *Forces in granular flow*. Mechanics Research Communications, Vol. 1, 3-7, 1974.
- K. Wieghardt. *Experiments in Granular Flow*. Annual Review of Fluid Mechanics. Vol. 7, 89-114, 1975.
-

# INSTITUTO DE INGENIEROS DE CHILE

---

## Empresas Socias

AGUAS ANDINAS S.A.

AGUAS NUEVAS S.A.

ALSTOM CHILE S.A.

ANGLO AMERICAN CHILE LTDA.

ANTOFAGASTA MINERALS S.A.

ARCADIS CHILE S.A.

ASOCIACIÓN DE CANALISTAS SOCIEDAD DEL CANAL DE MAIPO

BESALCO S.A.

CÍA. GENERAL DE ELECTRICIDAD S.A.

CÍA. DE PETRÓLEOS DE CHILE COPEC S.A.

COLBÚN S.A.

CRUZ Y DÁVILA INGENIEROS CONSULTORES LTDA.

EMPRESA CONSTRUCTORA BELFI S.A.

EMPRESA CONSTRUCTORA PRECON S.A.

EMPRESA NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES S.A.

EMPRESAS CMPC S.A.

ENAEX S.A.

ENEL GENERACIÓN CHILE S.A.

FLUOR CHILE S.A.

INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN SIGDO KOPPERS S.A.

JAIME ILLANES Y ASOCIADOS CONSULTORES S.A.

METROGAS S.A.

MINERA ESCONDIDA LTDA.

MINERA LUMINA COPPER CHILE S.A.

SOCIEDAD QUÍMICA Y MINERA DE CHILE S.A.

SUEZ MEDIOAMBIENTE CHILE S.A.

EMPRESAS DE INGENIERÍA COLABORADORAS

ACTIC CONSULTORES LTDA.

IEC INGENIERÍA S.A.

JRI INGENIERÍA S.A.

SYNEX INGENIEROS CONSULTORES LTDA.

ZAÑARTU INGENIEROS CONSULTORES LTDA.

# Wholesale & Investment Banking



Reinventemos  
la manera  
**de hacer**  
**negocios juntos.**

**Somos tu socio en soluciones integrales.**  
**Te ofrecemos una experiencia ágil, comprometida y de largo plazo.**

Financiamiento  
de Proyectos<sup>(1)</sup>

Cash  
Management

Factoring<sup>(2)</sup>  
y Leasing

Comercio  
Exterior

Cobertura  
de Flujos

Derivados de  
Monedas & Tasas

Inversiones<sup>(3)</sup>

Asesoría  
Financiera<sup>(4)</sup>

Negocios  
Internacionales

Contáctate con tu Banquero o ingresa a:  
[www.bci.cl/empresas/reinventemos](http://www.bci.cl/empresas/reinventemos)



Infórmese sobre la garantía estatal de los depósitos en su banco o en [www.sbif.cl](http://www.sbif.cl)

(1) Financiamiento de Proyectos son ofrecidos por Banco Bci y la Securitización de Activos es un servicio ofrecido por Bci Securitizadora S.A.

(2) Factoring producto ofrecido por Bci Factoring S.A. y producto Leasing ofrecido por Banco Bci. Bci Factoring S.A. es líder en participación de mercado a septiembre de 2018.

(3) Depósitos a Plazo y Ahorro son productos ofrecidos por Banco Bci. Fondos Mutuos, Fondos Mutuos con serie APV, Fondos de Inversión y Administración de Cartera son productos ofrecidos por Bci Asset Management Administradora General de Fondos S.A.

Infórmese de las características esenciales de la inversión en fondos, las que se encuentran contenidas en sus reglamentos internos. Los valores de las cuotas de los fondos son variables. La gestión financiera y el riesgo de los fondos administrados por Bci Asset Administradora General de Fondos S.A. no guarda relación con la de las entidades bancarias o financieras del grupo al cual pertenecen, ni con la desarrollada por sus agentes colocadores. El Banco de Crédito e Inversiones es Agente Colocador de las cuotas de fondos administrados por Bci Asset Management. Los Fondos no serán ofrecidos ni están dirigidos a ciudadanos de los Estados Unidos de América o US Person. Para acogerse a algún beneficio tributario contemplado en el reglamento interno de un fondo, debe realizar su inversión presencialmente con su ejecutivo de inversiones.

(4) Servicio prestado por Banco Bci y por Bci Asesoría Financiera S.A.