



EDITORIAL UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN

La formación de Ingenieros Civiles en Chile Instituto de Ingenieros de Chile

©2018 Instituto de Ingenieros de Chile

Registro de Propiedad Intelectual Nº A-295043

ISBN 978-956-227-441-8

Primera edición, septiembre de 2018

Editorial Universidad de Concepción Biblioteca Central, Of. 11, Campus Universitario Casilla 160-C, Correo 3 - Fono (56-41) 2204590 Concepción - Chile E-mail: selloeditorial@udec.cl

Edición/producción editorial Oscar Lermanda

Corrección de pruebas José Uribe M.

Ilustración de portada Instituto de Ingenieros de Chile

Permitida la reproducción, citando la fuente.

IMPRESO EN CHILE / PRINTED IN CHILE

INSTITUTO DE INGENIEROS DE CHILE

La formación de Ingenieros Civiles en Chile

COMISIÓN FORMACIÓN DE INGENIEROS 2017

Presidente

Jorge Yutronic Fernández

PARTICIPANTES

Raúl Benavente García
Sally Bendersky Schachner
José Ceroni Díaz
Rocío Duque Santa María
Mario Letelier Sotomayor
Edmundo López Estay
Eduardo Morales Santos (Q.E.P.D.)
Juan Music Tomicic
Alejandro Steiner Tichahuer
Alejandro Suárez Sotomayor
Luis Valenzuela Palomo
Ximena Vargas Mesa
Jorge Vásquez Pinillos

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	16
RESUMEN EJECUTIVO	17
CAPÍTULO I: CARACTERIZACIÓN DE LAS TENDENCIAS EN LA PROFESIÓN DE INGENIERO	41
1. Tendencias del ejercicio de la ingeniería a nivel internacional	41
1.1. Roles de los ingenieros en la sociedad	42
1.2. Número de ingenieros	43
1.3. Perfiles profesionales y competencias para el ejercicio de la profesión	44
2. Las tendencias de cambio en la práctica de la ingeniería en Chile	46
2.1. Número de ingenieros en Chile	46
2.2. Ingenieros e innovación en Chile	47
2.3. Cambios demográficos en el ejercicio profesional en Chile	48
2.4. Ámbitos del ejercicio de la ingeniería en Chile	49
2.5. Un caso relevante para Chile: Perspectiva de la ingeniería en la minería	50
2.6. La dimensión internacional de la formación en Chile	52
2.7. Algunas cuestiones críticas en la formación y el ejercicio profesional en Chile	53
3. Perspectiva de la formación y los roles desempeñados por los ingenieros	55
3.1. Las respuestas de los ingenieros formados en la Universidad de Chile	56
3.1.1. Las brechas y falencias en la formación en Ciencias Básicas y Ciencias de la	
Ingeniería	57
3.1.2. Las brechas y falencias en la formación en Competencias Genéricas	57
3.2. Las respuestas de los ingenieros formados en la Universidad Técnica Federico Santa María	58
4. Conclusiones	61

CAPÍTULO II. CARACTERIZACIÓN DE LAS TENDENCIAS INTERNACIO	ONALES
EN LA FORMACIÓN DE INGENIEROS	
1. Introducción en la perspectiva de las tendencias internacionales	
2. Organización general de las carreras de Ingeniería	
2.1. Tipos de carreras de Ingeniería	
2.2. Otorgamiento de título profesional	
2.3. Duración de las carreras	
3. Perfiles de egreso y pertinencia	
3.1. Contextualización de perfiles de egreso	
3.2. Perfiles de egreso en Ingeniería	
4. Currículum y competencias	
4.1. Formación en competencias	
4.1.1. Contextualización de la formación por competencias	
4.1.2. Conceptualización de competencias	
4.1.3. Formación de competencias para la ingeniería	
4.2. Currículum CDIO	
4.2.1. Contextualización del Currículum CDIO	
4.2.2. Conceptualización del Currículum CDIO	
4.3. Capstone Projects	
5. Organización curricular	
5.1. Ciclos de formación	
5.2. Marcos de cualificaciones	
5.3. Sistema de créditos transferibles.	
5.4. Articulación de carreras	
6. Metodologías y recursos de enseñanza-aprendizaje	
6.1. Metodologías de enseñanza-aprendizaje en ingeniería	
6.1.1. Aprendizaje basado en desafíos o en problemas	
6.1.2. Aprendizaje colaborativo	
6.1.3. Conceptualización del Aprendizaje Colaborativo	
6.2. Recursos de enseñanza-aprendizaje	
7. Educación en línea	
8. Vinculación con I+D+i	
8.1. Contextualización	
8.2. Articulación de docencia con I+D	
8.3. Articulación con la innovación	
9. Vinculación con el medio, emprendimiento y otras funciones	
9.1. Vinculación con el medio y su efecto en la docencia	
9.2. Articulación de la docencia con emprendimiento e innovación	

10. Número de ingenieros	
11. Retención, progresión y titulación	
12. Roles de docentes y estudiantes	
12.1. Docentes y sus roles	
12.2. Estudiantes y sus roles	
13. Internacionalización	
13.1. Actuaciones de universidades en formación de ingenieros	
13.2. Actuaciones de los organismos internacionales en ingeniería	
14. Conclusiones para el caso chileno	
14.1. Implicación en formación de ingenieros	1
14.2. Implicación en investigación y desarrollo, innovación y emprendimiento	1
CAPÍTULO III. INGENIEROS PARA EL DESARROLLO DE CHILE:	
CARACTERÍSTICAS NECESARIAS	1
1. Introducción en la perspectiva del estado del arte	1
2. Necesidades para la construcción de una sociedad moderna	1
3. Necesidades de la ingeniería en la industria	1
4. Diferentes modos de lograr las capacidades y habilidades necesarias	1
CAPÍTULO IV: NECESIDADES Y OPORTUNIDADES QUE SURGEN DE LA GLOBALIZACIÓN	1
1. La ingeniería y la globalización de las industrias	1
2. Los servicios globales de ingeniería	1
3. La movilidad internacional de los ingenieros	1
4. La formación de ingenieros en el contexto de los tratados internacionales	1
5. Homologación internacional de los títulos de Ingeniería	1
6. Brechas de la formación de ingenieros en Chile para desenvolverse en el contexto global	1
7. Respuestas de las universidades chilenas a las necesidades y oportunidades de la globalización	1
8. Respuestas de las instituciones chilenas de ingeniería	1
9. Estrategias en la formación de ingenieros para una sociedad global	1

CAPÍTULO V: TEMAS RELEVANTES DE LA FORMACIÓN DE INGENIEROS EN CHILE	
1. Perfiles de Egreso	
1.1. Requerimientos generales de los perfiles de egreso	
1.1.1. Desarrollo en las universidades e influencia de la Iniciativa CDIO	
1.1.2. Contribución del Proyecto Tuning Latinoamérica	
1.1.3. Planteamientos del Colegio de Ingenieros	
1.2. Requerimientos específicos de las Universidades Chilenas sobre perfiles de egre	
1.2.1. Universidad de Chile (UCH)	
1.2.2. Pontificia Universidad Católica de Chile (PUC)	
1.2.3. Universidad de Concepción (UDEC)	
1.2.4. Universidad de Santiago de Chile (USACH)	
2. Currículo	
3. Duración de carreras	
4. Satisfacción de empleadores y egresados	•••••
5. Conclusiones	
CAPÍTULO VI: ANÁLISIS DE ALGUNAS EXPERIENCIAS INNOVADORAS DI	FIA
FORMACIÓN DE INGENIEROS EN CHILE	
1. Introducción	
2. Objetivo y alcances del análisis	•••••
3. Contexto de políticas nacionales	
3.1. Contribución de las diversas agencias públicas	
3.2. Casos de MECESUP y CONICYT	
3.3. Los casos de CNA y CORFO	
3.4. Efectos de las políticas públicas	
4. Innovaciones educativas	
4.1. Innovaciones educativas asociadas a MECESUP	
4.1.1. Infraestructura	
4.1.2. Recursos humanos	
4.1.3. Cambios curriculares	
4.1.4. Gestión educativa	
4.1.5. Efectos de las primeras innovaciones y generación de nuevas	
4.2. Innovaciones educacionales asociadas a CONICYT	
4.3. Innovaciones educacionales asociadas a CNA	
// I	
4.4. Innovaciones educacionales asociadas a CORFO	

5.1. Avances reales en innovaciones educacionales	
5.2. Brechas y desafíos relevantes	
5.3. Planteamientos relevantes	
CAPÍTULO VII: VISIÓN SOBRE LA RENOVACIÓN DE LA FORMAC	
INGENIEROS EN CHILE	
1. Introducción: Ingeniería en una época de cambios mayores	
2. El ingeniero en la sociedad	
3. Formación del ingeniero	
4. Aspectos claves para una renovación de la formación de ingenieros en	Chile
4.1. Vinculación de la formación de ingenieros con la Ciencia y la Tecnolo	ogía
4.2. Vinculación de la formación de ingenieros con la Innovación y el Em	prendimiento
4.3. Vinculación de la formación de ingenieros con la Globalización	
4.4. Educación continua	
5. Conclusiones	
CAPÍTULO VIII: PROPUESTAS PARA LA RENOVACIÓN DE LA FOR	MACIÓN DE
CAPÍTULO VIII: PROPUESTAS PARA LA RENOVACIÓN DE LA FOR INGENIEROS EN CHILE	
1. Perspectiva para abordar las propuestas	
1. Perspectiva para abordar las propuestas	niería en Chile
INGENIEROS EN CHILE	niería en Chile
1. Perspectiva para abordar las propuestas 2. Síntesis de conclusiones sobre la realidad actual de las carreras de Inge 2.1. Tipos de carreras de ingeniería	niería en Chile
INGENIEROS EN CHILE	niería en Chile
INGENIEROS EN CHILE	niería en Chile
INGENIEROS EN CHILE	niería en Chile
INGENIEROS EN CHILE	niería en Chile
INGENIEROS EN CHILE	niería en Chile
INGENIEROS EN CHILE	niería en Chile
INGENIEROS EN CHILE	niería en Chile
INGENIEROS EN CHILE	niería en Chile
INGENIEROS EN CHILE	niería en Chile
INGENIEROS EN CHILE	niería en Chile
INGENIEROS EN CHILE	niería en Chile

3.5.	Separación de la habilitación profesional
3.6.	Participación en organismos internacionales
4. Propo	osiciones sobre armonización nacional en la formación de ingenieros
_	Concepto válido de Ingeniería
	Tipos de carreras de Ingeniería
	Perfiles de egreso
4.4.	Perfiles de ingreso
	Ciclos de formación y duración
4.6.	Sistemas de créditos transferibles
4.7.	Resultados de aprendizajes
4.8.	Separación de habilitación profesional
	Marcos de cualificaciones
	. Colaboración entre instituciones de educación superior y organismos públicos
4.11	. Participación colaborativa de instituciones del ámbito de Ingeniería
5 D	
5. Propo	osiciones sobre la pertinencia de la formación
6. Propo	osiciones sobre diseño e implementación de las carreras de Ingeniería
6.1.	Estructura del Currículo
(5.1.1. Proyecto Educativo Institucional (PEI)
(5.1.2. Contenido del currículum
(6.1.3. Articulación del Pregrado con Postgrado y Educación Continua
(5.1.4. Perfiles de ingreso
(5.1.5. Perfiles de egreso
(5.1.6. Resultados de aprendizaje
(6.1.7. Generación y gestión del conocimiento pertinente y relevante
(6.1.8. Competencias genéricas de los estudiantes
(5.1.9. Aplicación a problemas concretos de la realidad
6.2.	Roles y características de los estudiantes
	5.2.1. Articulación con la comunidad escolar
(5.2.2. Requisitos mínimos
(5.2.3. Diagnóstico de las competencias iniciales de los estudiantes y programas de
	nivelación
(5.2.4. Población de estudiantes
	5.2.5. Interacción temprana con la profesión
	5.2.6. Participación activa de los estudiantes en el aprendizaje
	Cuerpo de docentes
	5.3.1. Nuevos roles del docente y del estudiante
	5.3.2. Perfiles de los docentes
	5.3.3. Renovación de la docencia
	5.3.4. Tutores y mentores
(6.3.5. Capacitación y perfeccionamiento de los docentes y otros colaboradores
(5.3.6. Evaluación de docentes, instructores, tutores y otros actores docentes

	. Metodologías y recursos de Enseñanza y Aprendizaje
	6.4.1. Tipos de recursos
	6.4.2. Plan de implementación
6.5	. Educación en línea
6.6	. Vinculación con el Medio
	6.6.1. Elementos para la Vinculación con el Medio de calidad y efectiva
	6.6.2. Acciones y contribuciones de la Vinculación con el Medio para mejorar la
	formación de ingenieros
6.7	. Articulación de la formación con I+D
6.8	. Articulación de la formación con el emprendimiento y la innovación
6.9	. Multiculturalidad e internacionalización en la formación
6.1	0. Progresión de estudiantes
	ores relevantes para lograr un cambio exitoso en la formación de Ingenieros
	. Contexto para el cambio
	. Liderazgo y compromiso de los académicos con el cambio
	. Diseño e implementación de la renovación de la formación
/ • 1	. Mantención del cambio
CADÍT	THA IV. DI ANTEAMIENTAS DE ESTDATECIAS DADA I A IMDI EMENTACIAN
EF	TULO IX: PLANTEAMIENTOS DE ESTRATEGIAS PARA LA IMPLEMENTACIÓN ECTIVA DE LOS CAMBIOS
EF 1. Estr	ECTIVA DE LOS CAMBIOSategias desde y respecto de las agencias públicas, Ministerios y CND
EF 1. Estr	ECTIVA DE LOS CAMBIOS
EF 1. Estr 1.1	ategias desde y respecto de las agencias públicas, Ministerios y CND
EF 1. Estr 1.1	ategias desde y respecto de las agencias públicas, Ministerios y CND
EF 1. Estr 1.1 1.2 1.3	ategias desde y respecto de las agencias públicas, Ministerios y CND
EF 1. Estr 1.1 1.2 1.3 1.4	ategias desde y respecto de las agencias públicas, Ministerios y CND
EF 1. Estr 1.1 1.2 1.3 1.4	ategias desde y respecto de las agencias públicas, Ministerios y CND
EF 1. Estr 1.1 1.2 1.3 1.4 1.5	ategias desde y respecto de las agencias públicas, Ministerios y CND
1.1 Estr 1.1 1.2 1.3 1.4 1.5 1.6	ategias desde y respecto de las agencias públicas, Ministerios y CND
1.1 Estr 1.1 1.2 1.3 1.4 1.5 1.6 2. Estr	ategias desde y respecto de las agencias públicas, Ministerios y CND
1.1 Estr 1.1 1.2 1.3 1.4 1.5 1.6 2. Estr 2.1	ategias desde y respecto de las agencias públicas, Ministerios y CND Programa permanente y dedicado a promover la formación de ingenieros con estándares internacionales Inversión pública con nuevos criterios Articulación de agencias públicas y CNID Proyectar la acreditación de carreras de Ingeniería con criterios internacionales (CNA) Sistematización de la interacción de los ministerios y organismos públicos con las universidades en los ámbitos de Ingeniería Observatorio de los ingenieros y de la Ingeniería
1.1 Estr 1.1 1.2 1.3 1.4 1.5 1.6 2. Estr 2.1	ategias desde y respecto de las agencias públicas, Ministerios y CND
1.1 Estr 1.1 1.2 1.3 1.4 1.5 1.6 2. Estr 2.1 2.2	ategias desde y respecto de las agencias públicas, Ministerios y CND Programa permanente y dedicado a promover la formación de ingenieros con estándares internacionales Inversión pública con nuevos criterios Articulación de agencias públicas y CNID Proyectar la acreditación de carreras de Ingeniería con criterios internacionales (CNA) Sistematización de la interacción de los ministerios y organismos públicos con las universidades en los ámbitos de Ingeniería Observatorio de los ingenieros y de la Ingeniería Ejercicio del liderazgo institucional basado en el Ámbito de Ingeniería Uso del Ámbito de Ingeniería como eje de la innovación y la vinculación con el medio
1.1 Estr 1.1 1.2 1.3 1.4 1.5 1.6 2. Estr 2.1 2.2 2.3	ategias desde y respecto de las agencias públicas, Ministerios y CND Programa permanente y dedicado a promover la formación de ingenieros con estándares internacionales Inversión pública con nuevos criterios Articulación de agencias públicas y CNID Proyectar la acreditación de carreras de Ingeniería con criterios internacionales (CNA) Sistematización de la interacción de los ministerios y organismos públicos con las universidades en los ámbitos de Ingeniería Observatorio de los ingenieros y de la Ingeniería Ejercicio del liderazgo institucional basado en el Ámbito de Ingeniería Uso del Ámbito de Ingeniería como eje de la innovación y la vinculación con el medio (tercera misión universitaria)
1.1 Estr 1.1 1.2 1.3 1.4 1.5 1.6 2. Estr 2.1 2.2 2.3	ategias desde y respecto de las agencias públicas, Ministerios y CND
1.1 Estr 1.1 1.2 1.3 1.4 1.5 1.6 2. Estr 2.1 2.2 2.3 2.4	ategias desde y respecto de las agencias públicas, Ministerios y CND Programa permanente y dedicado a promover la formación de ingenieros con estándares internacionales Inversión pública con nuevos criterios Articulación de agencias públicas y CNID Proyectar la acreditación de carreras de Ingeniería con criterios internacionales (CNA) Sistematización de la interacción de los ministerios y organismos públicos con las universidades en los ámbitos de Ingeniería Observatorio de los ingenieros y de la Ingeniería tegias de las autoridades universitarias Ejercicio del liderazgo institucional basado en el Ámbito de Ingeniería Uso del Ámbito de Ingeniería como eje de la innovación y la vinculación con el medio (tercera misión universitaria) Alianzas con universidades extranjeras líderes en Ingeniería
1.1 Estr 1.1 1.2 1.3 1.4 1.5 1.6 2. Estr 2.1 2.2 2.3 2.4 2.5	ategias desde y respecto de las agencias públicas, Ministerios y CND
1.1 Estr 1.1 1.2 1.3 1.4 1.5 1.6 2. Estr 2.1 2.2 2.3 2.4 2.5 2.6	ategias desde y respecto de las agencias públicas, Ministerios y CND Programa permanente y dedicado a promover la formación de ingenieros con estándares internacionales

3. Estrategias para los cuerpos académicos	219
3.1. Formación de académicos al más alto nivel internacional	219
3.2. Adopción de criterios de alta producción científico-tecnológica en Ingeniería	219
3.3. Uso intensivo de medios y herramientas de avanzada para lograr alta calidad y producción	
académica	219
4. Estrategias para los estudiantes de pre y postgrado	220
4.1. Demanda a las universidades por mayor calidad y efectividad de la educación en	
ingeniería	220
4.2. Protagonismo y responsabilidad de los estudiantes en el aprendizaje	220
5. Estrategias para las empresas y otros actores	220
5.1. Protagonismo de las empresas líderes en ingeniería y tecnología	221
5.2. Atracción de talentos de ingeniería	221
5.3. Acceso sistemático a capacidades de I+D+i	221
5.4. Participación en instancias de desarrollo, valoración y proyección social	221
6. Estrategias para los egresados (graduados y titulados)	222
6.1. Demanda a las universidades por mayor cobertura, calidad y efectividad de la educación	
continua en ingeniería	222
6.2. Protagonismo de los titulados y graduados en el ejercicio de la profesión y su impacto en	
la sociedad	222
REFERENCIAS	223
GLOSARIO	227
ANEXO A	231

AGRADECIMIENTOS

El Instituto agradece a cada uno de los participantes de la Comisión por su asistencia a las sesiones de la Comisión y la redacción de diversos capítulos y subcapítulos que integran este informe y a su Presidente por la ardua tarea de integrar todos los aportes, dándole su redacción final. También a la Srta. Antonia Valenzuela, quien colaboró en las sucesivas redacciones y revisiones del texto.

Finalmente, un reconocimiento al Sr. Raúl Uribe, Director de la Revista y Editor de los Anales del Instituto, quien en su calidad de editor de las publicaciones de nuestra Corporación colaboró en la edición del material que integra el presente informe.

INTRODUCCIÓN

El Instituto de Ingenieros de Chile, fiel a sus objetivos, presentes desde su fundación en el año 1888, de contribuir con propuestas a la solución de los grandes temas nacionales que afectan el desarrollo del país, constituyó la Comisión Formación de Ingenieros, con el objeto de desarrollar una comprensión sobre las necesidades y desafíos de la formación de Ingenieros Civiles en Chile a partir del 2010 y hacer planteamientos para su renovación y fortalecimiento.

Estos planteamientos se hacen en el contexto de: los diferentes roles del ingeniero civil, las necesidades del desarrollo de Chile, las contribuciones de la ingeniería a la construcción de una sociedad mejor y más sustentable, la visión de la educación integrada durante el ciclo de vida, la diferenciación y articulación con otras profesiones, los requerimientos de la globalización, los avances científico-tecnológicos y el aumento de la obsolescencia del conocimiento.

El resultado del trabajo de este grupo de estudio se consigna en el presente documento.

RESUMEN EJECUTIVO

La Ingeniería y los ingenieros desafiados a nuevas alturas

La Ingeniería y los ingenieros están frente a un desafío relevante y creciente a nivel internacional y, por cierto, en Chile.

Este desafío está caracterizado por:

- Escasez relativa de ingenieros respecto de los desafíos de los países, según el informe de UNESCO¹ a nivel global, y también en Chile: En particular, en algunos ámbitos determinados, como las tecnologías de la información.
- Creciente requerimiento de participación de los ingenieros para abordar los problemas relevantes de la Humanidad (Desafíos del Milenio de ONU), en colaboración con otros profesionales, para lo cual deben ampliar y profundizar sus competencias.
- Necesidad de abordar las crecientes demandas por mejor calidad de vida de las poblaciones urbanas mediante soluciones más efectivas de vivienda, transporte, alimentación y otras actividades relevantes.
- Necesidad de abordar la prevención frente a desastres naturales (algunos como efectos del cambio climático, tales como incendios, aluviones y otros) y la mitigación de sus efectos.
- Necesidad de mejoramiento de la calidad y efectividad de las obras y de los productos de ingeniería, para lo cual es necesario profundizar las competencias de los ingenieros en esos temas, en particular frente a los mayores requerimientos de sus usuarios y de los ciudadanos.

¹ Informe UNESCO (2011).

- Aumento de la complejidad e incertidumbre en las sociedades modernas que demandan realizaciones de ingeniería mejor articuladas e integradas, y más robustas y sustentables.
- Necesidad de aumento de la contribución de los ingenieros a la innovación en la sociedad y en los mercados, en Chile y otros países; en particular en innovación tecnológica, para lo cual deben aumentar sus competencias en esos ámbitos. Especialmente, en lo que respecta a la demanda por productos y servicios de ingeniería que creen más valor para las personas, considerando aspectos de funcionalidad, desempeño, seguridad y respeto al medio ambiente.
- Avances científico-tecnológicos relevantes, algunos disruptivos, que cambian las concepciones y diseños de las soluciones de ingeniería, los que demandan una continua actualización de los fundamentos y las prácticas de la profesión.
- Aumento de regulaciones en diversos ámbitos (transporte, seguridad, medio ambiente, salud pública y otros), que demandan continuas actualizaciones de los alcances y las prácticas de la profesión, así como de su articulación con otras profesiones.
- Aumento de la globalización del ejercicio profesional de la ingeniería, tanto a nivel de personas como de empresas y otras entidades, lo que demanda capacidades multiculturales, dominio de idiomas y de movilidad entre territorios diversos.
- Nuevos paradigmas y tendencias de la sociedad, que plantean desafíos respecto de la multiculturalidad, las migraciones, la ampliación de derechos de las personas, el aumento de expectativas de la población, aumento de la duración de la vida de las personas, el aumento significativo de las poblaciones en emplazamientos urbanos.
- Digitalización progresiva de la sociedad, lo que plantea un desafío de renovación e innovación en el ejercicio de la profesión, en la formación de ingenieros y en la organización de la sociedad.
- Los efectos crecientes de las tecnologías, en particular la digitalización y robotización sobre la organización del trabajo en la producción de bienes y servicios, lo que implica cambios sustantivos en los empleos de las personas, con los consiguientes efectos sociales, éticos y económicos.
- La necesidad de aumentar la productividad^{2, 3} en las empresas y en el conjunto

² Informe de Comisión Presidencial sobre Productividad.

³ Informe de CPC sobre Productividad.

del sistema económico, lo que implica demandas por nuevas y mejores soluciones de ingeniería.

- Nuevas metodologías y herramientas para realizar ingeniería (diseño, proyectos, simulaciones y otros) que implican continuos cambios en el ejercicio profesional.
- Escasez de información de calidad sobre las poblaciones de ingenieros activos, la formación de ingenieros, las propias obras y realizaciones de ingeniería y las necesidades específicas por ámbito (por ejemplo, en respecto de desastres naturales). Esto contrasta con otras actividades como la medicina y salud.

Estas dinámicas, tanto a nivel global de la sociedad como en el mundo de la ingeniería, plantean desafíos sin precedentes para los ingenieros, las empresas, las universidades y los organismos estatales.

Universidades frente a los desafíos

Las universidades están enfrentando varias situaciones que las ponen en tensión de cambio ante los desafíos señalados más arriba. Desde las tendencias internacionales hasta las transformaciones del Sistema de Educación Superior (SES) chileno.

En particular, en el ámbito de Ingeniería:

- Dificultad de hacer un balance entre el creciente número y complejidad de las competencias y conocimientos que requiere un profesional de la Ingeniería en el siglo XXI.
- Carencias de conocimientos y competencias básicas y de otro tipo en los estudiantes que ingresan a estudiar Ingeniería, lo que hace más difícil su formación y lograr los perfiles de egreso en los plazos nominales de los programas de estudio.
- Aumento de los requerimientos de la sociedad sobre las Escuelas y Facultades de Ingeniería: formación de Pregrado y Postgrado, Educación Continua, I+D, innovación y otros.
- Algunas limitaciones de los cuerpos académicos para abordar los desafíos de alto nivel.
- Algunas limitaciones de laboratorios, talleres y sistemas de apoyo a las funciones académicas.
- Requerimiento de actualizar más efectiva y oportunamente los currículos de Ingeniería con los avances de la ciencia y la tecnología, y de las mejores teorías y

prácticas del ejercicio de la profesión. Esto como respuesta a la obsolescencia del conocimiento.

• Insuficiente atracción de las carreras de Ingeniería entre los jóvenes en diversos países desarrollados, e incluso pérdida relativa de interés y que ha empezado a tener efectos en Chile en algunos ámbitos.

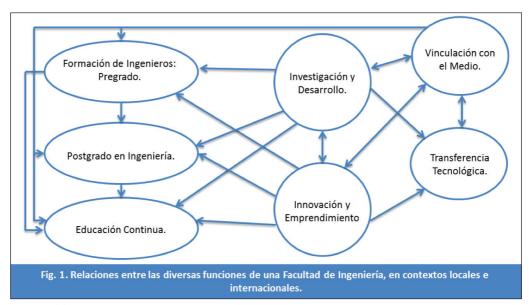
Ante estos desafíos relevantes y complejos, en varios países se han venido realizando renovaciones en los programas de formación de ingenieros. Por ejemplo: Estados Unidos, Corea, China, Reino Unido. Y también se han iniciado en Chile.

Renovación integral en la formación de ingenieros: respuesta al desafío

La variedad de factores presentes en el desafío configura un cuadro complejo, con diversas interacciones y retroalimentaciones entre ellos.

Para abordarlo es necesaria una renovación integral que incluya tanto la formación de ingenieros como el ejercicio de la profesión. Ambas dinámicas interactúan entre sí con efectos recíprocos. Este informe aborda lo referente a la renovación de la formación de ingenieros, pero teniendo presente la necesaria renovación en el ejercicio de la profesión (lo cual puede ser abordado en profundidad en otro estudio, en lo posible a ser realizado por la Academia de Ingeniería con colaboración del Instituto de Ingenieros).

Más aún, para que sea realmente efectiva la renovación de la formación de ingenieros, ella debe ocurrir en el contexto de la renovación de las Facultades y Escuelas de Ingeniería, debido a que las diversas funciones académicas interactúan entre sí (Fig. 1).



Fuente: Elaboración propia.

Los principales factores para asumir la renovación en formación de ingenieros (Pregrado) son:

- Número (población) y diversos roles de los Ingenieros en la Sociedad: desde el empleo en empresas y entidades públicas hasta los nuevos emprendimientos innovadores.
- Tipos de carreras de Ingeniería y sus programas en diferentes países y culturas.
- Tipos de grados que representan el espectro de formación: licenciado, magíster, doctorado.
- Perfiles de ingreso y de egreso de las carreras de Ingeniería.
- Articulación del Pregrado con Postgrado y la Educación Continua de los ingenieros durante su ciclo de vida.
- Articulación con los desafíos relevantes del país, actuales y proyectados.
- Articulación con I+D, innovación y emprendimiento, las industrias y el medio en los campos relevantes para Ingeniería.
- Currículum, sistemas de créditos transferibles, duración de los programas de estudio.
- Cuerpos académicos.
- Sistemas de enseñanza-aprendizaje, que integren metodologías tradicionales y otras nuevas, efectivas y de calidad, centradas en los estudiantes.
- Incorporación al currículo y al ejercicio académico de los avances científico-tecnológicos y su efecto en las bases de la ingeniería, en sus desarrollos y en sus formas de contribución a la sociedad.
- Homologación internacional de títulos, grados y cuestiones académicas relevantes.
- Normas y estándares sobre la educación superior, aplicables en el ámbito de Ingeniería. En particular, respecto de los marcos de cualificaciones.
- Certificación de la habilitación profesional por medio de entidades independientes de las instituciones formadoras y que sean competentes en sus ámbitos.

- Sistemas de aseguramiento de calidad, incluyendo la acreditación de carreras y programas de estudio.
- Información de calidad sobre las ingenierías y el mundo de la Ingeniería para apoyar la buena toma de decisiones en las universidades, en las empresas y en las agencias públicas.
- Gestión del cambio en las universidades con el fin de generar resultados en forma oportuna.

Como se ha indicado más arriba, estos y otros factores interactúan entre sí, lo que implica una gestión integrada de ellos.

Un intento de abordar fragmentariamente el desafío de la formación de Ingenieros, aunque pueda significar un avance, sólo hace posible obtener resultados parciales y menores sin la construcción de valor suficiente respecto del desafío que enfrenta el mundo de la Ingeniería.

En Chile, las universidades y los organismos públicos tienen conciencia de algunos de estos desafíos y están actuando para abordarlos con ciertos alcances.

Se han venido realizando algunos proyectos de mejoramiento en la formación de ingenieros y, entre ellos, principalmente los proyectos y Convenios de Desempeño de MECESUP y el Programa Ingeniería 2030 de CORFO. Las universidades, además de sus propias iniciativas, participan activamente de estos programas.

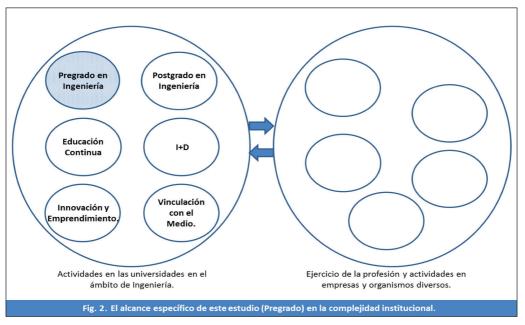
No obstante, dada la complejidad y envergadura del desafío, todavía estos relevantes esfuerzos no son suficientes. Es necesario un tratamiento integral a nivel de todo el sistema de educación superior y de otros actores. La renovación integral es la respuesta adecuada al desafío, ya que se pone al nivel de su complejidad y escala. La renovación integral es el tema abordado en este informe, más que los detalles.

La Comisión ha llegado a la conclusión de que es necesario un enfoque integral y sistémico para abordar los cambios con efectividad y calidad, con una clara vocación a proyectarse con realismo en el mundo de la Ingeniería en esta primera parte del siglo XXI.

Este enfoque de renovación integral está organizado en los siguientes elementos que se exponen en las secciones siguientes:

- Análisis de situación de la formación de ingenieros en Chile.
- Conclusiones de análisis y síntesis: bases para la renovación.
- Planteamiento y recomendaciones.

El trabajo de la Comisión se ha concretado en el Pregrado de Ingeniería Civil (Fig. 2).



Fuente: Elaboración propia.

Análisis de situación de la formación de ingenieros en Chile

Para lograr una adecuada comprensión de la situación actual de la formación de ingenieros en Chile, la Comisión ha realizado lo siguiente:

- Análisis en base a la evidencia de lo que se ha realizado en el país, y de sus resultados en las siguientes perspectivas, hasta 2016.
 - ✓ Ejercicio de la profesión.
 - ✓ Desafíos del país.
 - ✓ Articulación con las tendencias internacionales.
 - ✓ Iniciativas de mejoramiento de la formación de ingenieros y los cambios provocados.
 - ✓ Situación y tendencias de la academia.
- Consideración de lo que, siendo necesario o conveniente, no se ha realizado hasta ahora y sus posibles causas.
- Para realizar estos análisis, la Comisión ha tenido presente: los planteamientos de los directivos de quince Facultades de Ingeniería sobre sus situaciones actuales y sus proyectos de renovación; la presentación DIVESUP sobre los Marcos de Cualificaciones; los antecedentes de los Convenios de Desempeño en Armoniza-

ción Curricular de MECESUP y sus proyectos de mejoramiento de la calidad; el Programa Ingeniería 2030 de CORFO; los planteamientos de la CNA.

Los principales resultados del análisis de situación son los que se exponen a continuación:

• Existe una variedad de tipos de ingenierías en Chile. Entre ellas: las ingenierías civiles con diversas especializaciones; las ingenierías de ejecución; las ingenierías sin denominación complementaria; las ingenierías forestales; las ingenierías agrónomas; las ingenierías en alimentos; las ingenierías comerciales; las ingenierías con diversas otras denominaciones complementarias (algunas de ellas lejanas a la comprensión internacional sobre ingeniería). Cabe destacar que algunas profesiones que en Chile se han denominado como ingenierías corresponden internacionalmente a otras denominaciones como agrónomos y economistas, lo que ha sido reconocido en los TLC con NAFTA y, en especial, con Canadá.

Esta variedad de tipos y denominaciones de ingeniería ha superado lo razonable y ha llegado a algunos extremos que afectan seriamente la comprensión social y amenaza con afectar la calidad y responsabilidad del ejercicio de la profesión, como lo ha hecho presente el Colegio de Ingenieros.

El foco del trabajo de la Comisión es la formación de los Ingenieros Civiles. Por lo tanto, la mayoría de los análisis, síntesis y recomendaciones están referidos a ellos.

- Los ingenieros tienen una alta aceptación en la sociedad chilena y en diversas
 actividades del mundo laboral, lo que viene ocurriendo por décadas. Esto explica
 las siguientes situaciones: altos niveles de empleo en los ámbitos de Ingeniería
 Civil y también en un repertorio de otras actividades afines; proliferación de carreras con denominación de Ingeniería; buenas remuneraciones en comparación
 con otras profesiones. No obstante, este reconocimiento social ha empezado a
 disminuir.
- Está en riesgo la calidad y el prestigio de la Ingeniería chilena debido a la proliferación sin regulación adecuada de las carreras y títulos; la insuficiente actualización de los ingenieros que ejercen la profesión; el aumento de errores y calidad insuficiente de las obras y sus resultados en proyectos relevantes de ingeniería, lo cual es manifiesto para los ciudadanos en varios campos.
- Existencia de algunas falencias en la formación de ingenieros que están vinculadas a los problemas de calidad de los proyectos y obras de Ingeniería.
- Insuficiente número de ingenieros que ejercen la profesión, en particular en algunos ámbitos, como las tecnologías de información. Esto es consecuencia tanto de la limitada formación de Ingenieros en Chile, como de su tendencia a desem-

peñarse profesionalmente en actividades diferentes a la Ingeniería, en particular en gestión de empresas.

- Los tiempos de formación en las carreras de Ingeniería son largos comparados con los criterios de los países desarrollados. Esto implica desaprovechar el potencial de innovación de los profesionales jóvenes si se incorporaran más temprano al ejercicio profesional. Algunas causas de ello son: períodos largos de los programas de estudio; insuficiencias académicas de los estudiantes al ingresar a las universidades; algunas limitaciones de los sistemas de enseñanza-aprendizaje existentes.
- Insuficientes profesionales con Postgrado en Ingeniería, lo que inhibe la contribución de capital humano avanzado en las empresas y otras entidades. En particular, para abordar los desafíos más difíciles y complejos que requiere la renovación de las industrias y el desarrollo de nuevas industrias. Asimismo, debido a la insuficiente preparación de la industria chilena para la incorporación de profesionales de altísimo nivel y doctorados, es necesario abordar también el desarrollo pertinente en las empresas y fortalecer los respectivos puentes con las universidades.
- Insuficiente actualización de conocimientos de los ingenieros durante su ejercicio profesional, lo cual está principalmente asociado a baja demanda y actividad en educación continua de ingenieros.
- La dificultad de los ingenieros para abordar los desafíos de Chile en su transición a ser un país desarrollado, representado por la necesidad de:
 - ✓ Aumento de la productividad, en lo cual la Ingeniería tiene un rol protagónico.
 - ✓ Renovación de industrias existentes, agregando inteligencia.
 - ✓ Desarrollo de nuevas industrias.
 - ✓ Contribución a la construcción de urbes sustentables y con mejor calidad de vida.
 - ✓ Desarrollo en el país de nueva infraestructura sustentable y mejor que la actual en transporte, salud, energía y otros ámbitos.
 - ✓ Manejo y control de desastres naturales y diseño, implementación y gestión de sistemas de emergencia.
 - ✓ Desarrollo de la exportación de servicios, apoyando la transición del modelo de desarrollo de Chile.

Algunos de estos resultados del análisis son ya conocidos y por lo tanto, las conclusiones de la Comisión son confirmatorias. Otros resultados, en cambio, no son suficientemente conocidos o aceptados hasta ahora.

Conclusiones del análisis y síntesis: bases para la renovación

De los resultados del análisis expuesto más arriba, la Comisión ha obtenido las siguientes conclusiones:

• Brechas y sus causas

Se indican a continuación las principales brechas entre la calidad y efectividad necesarias de la formación de ingenierías y las existentes, así como sus causas más significativas:

- ✓ Insuficiente articulación oportuna de la formación de ingenieros con los avances y tendencias científico-tecnológicas que están provocando la renovación de las industrias o el surgimiento de nuevas industrias. Por ejemplo: energía solar, digitalización de los servicios, manufactura avanzada y otras.
- ✓ Insuficiente información de calidad y sistemática sobre el mercado laboral de ingenieros, actual y proyectado. Por ejemplo, no existen observatorios o estudios regulares de calidad suficiente que aseguren una información permanente y sistemática.
- ✓ Insuficiente articulación entre la docencia y la generación de conocimiento a través de I+D, lo que limita el desarrollo del pensamiento crítico y el acceso temprano de los estudiantes a esos nuevos conocimientos.
- ✓ A pesar de los avances de las universidades, insuficiente renovación de los cuerpos académicos según los perfiles necesarios para el desarrollo de la ingeniería en Chile y con estándares internacionales. Principalmente en lo que respecta a I+D aplicada, vinculación con la industria, innovación y transferencia tecnológica. Asimismo, políticas y reglamentos universitarios desajustados respecto del balance entre el ejercicio de la docencia moderna en ingeniería y las funciones de I+D y otras.
- ✓ Insuficiente actualización de laboratorios, sistemas de enseñanza-aprendizaje de acuerdo al estado del arte internacional, talleres de prototipos y medios de articulación con la industria.
- ✓ Insuficiente número de ingenieros formados en algunas especialidades relevantes para poder renovar industrias o desarrollar nuevas industrias.
- ✓ Insuficiente trabajo interdisciplinario en el pregrado (ingeniería, arquitectura, economía, medio ambiente, sociología y otros).

Oportunidades y sus fundamentos

Se indican a continuación las principales oportunidades para alcanzar los niveles necesarios de calidad y efectividad en la formación de ingenieros:

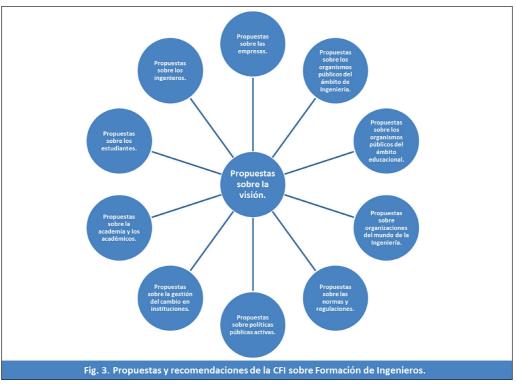
✓ La creciente tendencia internacional que vincula a los ingenieros como

- protagonistas de la innovación y el emprendimiento en sinergia con otros tipos de profesionales (diseñadores, arquitectos, biotecnólogos, médicos, gestores, sicólogos, sociólogos y otros).
- ✓ El aumento de la demanda de Ingeniería de mejor calidad y de ingenieros mejor preparados para abordar los desafíos sociales, económicos, ambientales y de ciudadanos empoderados con crecientes expectativas.
- ✓ Los avances científico-tecnológicos que potencian las bases y efectos de la Ingeniería. En particular en: digitalización, nanotecnología, biotecnología, tecnologías de energía.
- ✓ La digitalización como plataforma de renovación efectiva y veloz en diversos ámbitos: en la educación en Ingeniería; en la I+D+í en red; en los ámbitos de la práctica de la Ingeniería; en la revinculación de la Ingeniería con las personas.
- ✓ Los avances en educación y sus fundamentos en neurociencia que hacen posible unas metodologías más efectivas en los aprendizajes de Matemáticas, Ciencias, Tecnología e Ingeniería y también en gestión de organizaciones, empresas y proyectos.
- ✓ El momentum internacional de renovación en Ingeniería, tanto en la formación como en la práctica de la profesión, que favorece las renovaciones en Chile tanto por los contenidos como por potenciales universidades aliadas.
- ✓ El destacado protagonismo de la Ingeniería en la solución de los problemas de la sociedad y también la notoriedad que logra cuando no los resuelve o los aborda inadecuadamente, lo cual induce una mayor responsabilidad de los formadores de ingenieros.
- ✓ Las iniciativas de mejoramiento y renovación en Chile conducidas por organismos públicos, principalmente por medio del Programa Ingeniería 2030 de CORFO, los proyectos MECESUP, y también la generación de Marco de Cualificaciones en el ámbito de la reforma educacional en Chile.
- ✓ Los avances mostrados con los proyectos de mejoramiento de formación de ingenieros y renovación de Facultades de Ingeniería mediante los Programas MECESUP e Ingeniería 2030.
- ✓ Las motivaciones y comprensión de los directivos y académicos que están haciendo mejoramientos y renovaciones.
- ✓ La creciente valoración social del aporte de las mujeres a la ingeniería, tanto en lo que respecta al diagnóstico de problemas y desafíos como a la generación de soluciones. Asimismo, la también creciente valoración de la multiculturalidad a una ingeniería de más calidad y efectividad.
- ✓ Los desafíos de productividad y competitividad en Chile y varios otros países, que requieren un mayor aporte de la Ingeniería, tanto en calidad como efectividad de las soluciones. Como consecuencia de ello, las empresas y los organismos públicos están más dispuestos a la colaboración con las universidades.

Propuestas y recomendaciones

A partir de los análisis y síntesis realizados por la CFI se plantean propuestas y recomendaciones para renovar la educación de Ingeniería en Chile. Algunas se refieren a la visión, otras a las políticas públicas y otras a los diversos actores pertinentes en una perspectiva amplia e integradora (Fig. 3).

Algunas de estas propuestas reafirman los planteamientos existentes en las comunidades académicas y profesionales; otras, en cambio, son nuevas.



Fuente: Elaboración propia.

La renovación propuesta por la Comisión es de carácter integral, con el propósito de acelerar los cambios con calidad, hacerla más efectiva y lograr más resultados con inversiones razonables.

En la experiencia internacional se identifican tres principales motores de cambio en las instituciones de educación superior en lo que respecta al Ámbito de ingeniería. Éstos son: las iniciativas regulatorias y de políticas públicas que representan aproximadamente 70% de los casos; las iniciativas de las autoridades superiores de las universidades que enfrentan problemas relevantes en su entorno (por ejemplo disminución crítica de la matrícula de estudiantes o pérdida relevante de competitividad respecto de otras instituciones); iniciativa de los líderes institucionales y académicos que tienen una actitud innovadora y que actúan en forma proactiva.

Por cierto, si se combinan estos tipos de iniciativas, es posible catalizar los cambios y obtener mejores resultados en plazos más breves. La experiencia de algunos países asiáticos muestra este hecho. Por ejemplo, Singapur, Corea del Sur, Hong Kong y otros han logrado renovaciones importantes en Ingeniería en plazos más breves y con recursos limitados, que los que tomaron los países de Occidente. Y obteniendo resultados que los han llevado a posiciones de avanzada a nivel internacional.

Este tipo de enfoques integrados es el que se propone para abordar la renovación de las Facultades y Escuelas de Ingeniería en Chile. Esto se justifica porque están presentes los tres motores de cambio indicados más arriba, lo cual hace evidente la conveniencia de articularlos en un plan coherente y sistemático.

La renovación de Facultades y Escuelas de Ingeniería requiere recursos significativos para lograr resultados e impactos relevantes. En esto hay que ser particularmente cuidadoso y riguroso. Por una parte, es necesario considerar los umbrales mínimos de inversión para lograr ciertos resultados e impactos efectivos en la sociedad; en particular cuando se busca renovar las industrias existentes o desarrollar nuevas. Pero, por otra parte, no es necesaria una inversión excesiva. Aquí se impone la necesidad de utilizar buenos diseños de las instituciones académicas, dada la variada experiencia internacional en estas materias y los siempre escasos recursos disponibles.

En este informe, a propósito, no se aborda la dimensión económica de la transformación de las Facultades para mejorar la formación de ingenieros. La idea es que, después de asimilar los objetivos de la transformación y las estrategias para abordarlos, se transite a una fase de diseño en la cual se aborden también los presupuestos necesarios.

La Ingeniería está siendo abordada con determinación por algunos países para generar ventajas competitivas en los mercados internacionales, para aumentar significativamente el bienestar de sus poblaciones y para hacer sus ciudades más prósperas, entre otros propósitos.

Por ello, los países asiáticos han aumentado significativamente su actividad universitaria en ciencias, tecnología e ingeniería. Por ejemplo, China está creando aproximadamente una universidad por semana⁴, en los campos tecnológicos, y orienta a que su producción científicotecnológica se realice principalmente en el ámbito de ingeniería. De hecho, más del 40% de su producción científico-tecnológica es en ingeniería, lo que contrasta con el caso de los Estados Unidos, en que sólo alcanza a un 20%.

La renovación masiva y sistemática de la formación de ingenieros es un desafío complejo y difícil. Es complejo porque intervienen muchas variables diferentes, desde pedagógicas y tecnológicas hasta culturales y políticas. Es difícil porque se busca simultáneamente hacer las carreras más breves de mayor calidad y con innovación a la par que se atiendan estudiantes con diversas carencias que vienen de la educación media.

⁴ China opens a new university every week. Andreas Schleicher, OECD Education Director, March 2016.

Entonces, la pregunta es cómo se puede abordar este desafío complejo y difícil. La respuesta proviene de la ingeniería misma, con los nuevos criterios que hoy se demandan en el mundo. Muy principalmente, mediante nuevos diseños capaces de hacerse cargo de tales complejidades y dificultades y del uso intenso de la digitalización y de la participación simultánea de los diversos tipos de actores que son relevantes para asegurar que tales diseños sean viables y efectivos en su implementación.

A continuación se presentan las propuestas que dan respuesta al desafío. Estas son una síntesis evolucionada de lo expuesto sobre ellas, en los Capítulos VII, VIII y IX. Asimismo, se han incorporado otras propuestas que han derivado del análisis completo de lo expuesto en ellos y otros capítulos, de modo de darle la mayor efectividad posible al conjunto de ellas.

Propuestas y recomendaciones sobre la visión

Concebir la formación de ingenieros:

- Como una actividad inter y multidisciplinaria, que combina los contenidos científicos y tecnológicos fundamentales con las competencias sociales y de gestión, incluyendo las dimensiones éticas y de valoración del medio ambiente y de las comunidades, con la creatividad, el diseño, la innovación y el emprendimiento.
- Con una significativa orientación a crear valor en la sociedad por medio de la Ingeniería y la Tecnología. Principalmente, con la determinación de resolver los problemas en los ámbitos críticos (energía, transporte,...); renovar las industrias existentes; crear nuevas industrias y desarrollar nuevas soluciones de ingeniería para problemas y desafíos de la sociedad que no se han abordado bien hasta ahora.
- Como una actividad sistemática que retroalimenta continuamente desde el ejercicio de la profesión de ingeniería hacia la academia, las empresas y los organismos públicos en los diversos ámbitos en que actúa y de las obras que realiza.
- Con criterios globales que hagan posible el desempeño de los titulados y graduados en diversos países y culturas, con calidad y efectividad.
- Como una articulación de las formaciones y perfeccionamientos durante el ciclo de vida laboral: pregrado, postgrado, educación continua.

Propuestas y recomendaciones de carácter normativo (regulaciones públicas):

• Reconocer dos tipos de ingenieros:

- ✓ Ingenieros de base científica (según el Acuerdo de Washington): correspondiente a Ingeniero, denominación que es asimilable a Ingeniero Civil en Chile, con sus diversas especialidades y menciones.
- ✓ Ingenieros de base tecnológica (según el Acuerdo de Sydney): correspondiente a Ingeniero Tecnólogo, denominación en Chile que es asimilable a Ingeniero de Ejecución e Ingeniero en..., con sus respectivas especialidades y menciones.
- Normar el uso de los términos Ingeniería e Ingeniero para favorecer su uso adecuado y evitar o minimizar su aplicación a ámbitos que no sean propios de la Ingeniería según los estándares internacionales.
- Optimizar y convenir la duración de las carreras de Ingeniería Civil con algún criterio de validez internacional. Por ejemplo, considerando la secuencia del tipo 4+1+1+3 en años correspondiente a: licenciatura, master, título de ingeniero, doctorado.
- Asegurar el uso normado del SCT (Sistema de Créditos Transferibles) en los programas de estudio de las carreras de Ingeniería. En particular, en Ingeniería Civil considerar 300 SCT para el programa de estudios (lo cual se puede abordar en 5 años de duración).
- Requerir la acreditación de las carreras respectivas para el otorgamiento de grados académicos y títulos en Ingeniería.
- Considerar los requerimientos de aseguramiento de calidad y de acreditación de carreras de Ingeniería de acuerdo a las tendencias internacionales en los países desarrollados. Por ejemplo, en torno al uso de estándares, resultados de aprendizajes y verificación de competencias profesionales en el medio laboral.
- Separar los roles institucionales en el otorgamiento de los grados académicos y los títulos profesionales para aumentar la calidad y evitar los conflictos de interés en las universidades:
 - ✓ Grados académicos otorgados por las universidades, como ya ocurre en Chile y a nivel internacional.
 - ✓ Licencia de habilitación profesional otorgada por un nuevo organismo a ser creado con especialización en esa función. La habilitación profesional debe tener un período de duración determinado, y con ello, requerir la actualización de los profesionales en el tiempo. Este organismo debe ser experto en el ejercicio de la profesión de acuerdo al estado del arte vigente en cada ámbito, aplicando las mejores teorías y prácticas internacionales.

Titulos otorgados por las universidades. A largo plazo es posible una articulación vinculante entre la licencia de habilitación profesional señalada en el punto anterior y el otorgamiento de los títulos.

Observación relevante. Esta recomendación debe estar alineada con las recomendaciones hechas en el Informe de la Comisión de Habilitación Profesional del Instituto de Ingenieros. Ambas comisiones lo acordaron. Cabe destacar que la ley nacional de Educación Superior de 2006, además de instalar la acreditación, mandataba al Ministerio de Educación a implementar la habilitación profesional, lo que no se ha hecho hasta la fecha. No obstante, en el ámbito de Medicina ya existe una prueba nacional.

- Promover la homologación internacional de las normas chilenas en educación de ingenieros (duración de carreras, otorgamiento de grados académicos y títulos de ingenieros). En particular, respecto de:
 - ✓ Organismos internacionales relevantes a los que Chile está asociado (OECD, Unión Europea, APEC).
 - ✓ Países con los que Chile ha suscrito acuerdos (TLC y otros) y tiene entendimientos pertinentes en educación superior.
- Proyectar la acreditación internacional de las carreras de ingeniería que se imparten en las universidades chilenas. En particular, en ABET.
- Promover el control estricto de la ética profesional:
 - ✓ De acuerdo a las prácticas más avanzadas a nivel internacional.
 - ✓ De acuerdo a lo establecido en los TLC y otros acuerdos firmados por Chile.

Propuestas y recomendaciones sobre políticas activas

- Diseñar, implementar y operar un programa para aumentar el número de ingenieros bien formados en el contexto de la renovación de las Escuelas y Facultades de Ingeniería. En particular en los ámbitos más necesarios y determinantes para el desarrollo del país.
 - Este programa puede ser entendido y abordado como una evolución y ampliación del Programa Ingeniería 2030 de CORFO y también de los convenios de Desempeño de MECESUP, considerando al menos los siguientes ejes:
 - ✓ Armonización curricular desde pregrado hasta los postgrados tecnológicos, considerando los Sistemas de Créditos Transferibles; las competencias

requeridas para los perfiles de egreso; el Marco de Cualificaciones (en la dirección de lo que ha planteado MINEDUC durante 2016)⁵ renovación de los cuerpos académicos; actualización de laboratorios y plataformas; otros necesarios.

- ✓ Investigación y desarrollo orientados a los desafíos relevantes del país, en particular respecto de su proyección internacional.
- ✓ Transferencia tecnológica, innovación y emprendimiento en los cuales la Ingeniería tiene unos roles protagónicos.
- ✓ Internacionalización.
- Diseñar, implementar y operar un programa de nueva generación, esto es, que sistematice los aprendizajes logrados sobre el tema en los proyectos desarrollados, para aumentar significativamente la retención de estudiantes de Ingeniería. Este programa debe capitalizar la experiencia ya ganada en varios proyectos realizados por las universidades con financiamiento de MECESUP, y sistematizarla para hacerla accesible a todas las universidades. Con ello, debe buscarse obtener desempeños notables de retención de estudiantes en todas las Escuelas de Ingeniería. Asimismo, este programa de aumento de retención debe articularse con un programa de apoyo a la titulación oportuna de ingenieros, en el contexto del mejoramiento de la progresión de estudiantes.

Se considera, en principio, que estos programas sean promovidos por DIVESUP del MINEDUC, en particular en DFI (MECESUP).

- Diseñar, implementar y operar programas para mejorar la educación en la comunidad escolar en los ámbitos relevantes para la Ingeniería y atraer más talentos a esta profesión, orientando su formación temprana.
 En particular, algunas iniciativas que se están desplegando con éxito en los países desarrollados y que ya tienen algunas expresiones en proyectos que se están realizando en Chile:
 - ✓ Programa del tipo STEM (Science, Technology, Engineering, Mathematics) para fortalecer los aprendizajes en los respectivos temas en la comunidad escolar y, con esto, superar carencias crónicas.
 - ✓ Programa para atraer más estudiantes a la Ingeniería, en particular mujeres y personas de grupos subrepresentados. Por ejemplo, programa en la modalidad Engineering K-12 (demostración de ingeniería en la comunidad escolar).

Estos programas, en principio, pueden ser promovidos desde MINEDUC (even-

⁵ Propuesta de Marco de Cualificaciones. División de Educación Superior (DIVESUP) del Ministerio de Educación, 2016.

tualmente en CONICYT u otra institución) y contar con la colaboración de varias instituciones del mundo de la Ingeniería (entre ellas, el Instituto de Ingenieros, el Colegio de Ingenieros y la Academia de Ingeniería de Chile).

- Diseñar, implementar y operar un programa para asegurar que las Escuelas y
 Facultades de Ingeniería dispongan de las capacidades y competencias de acuerdo al estado del arte en la formación de ingenieros, en postgrado y educación
 continua. Esto incluye: cuerpo académico, laboratorios y talleres, sistemas y tecnologías de enseñanza aprendizaje, metodologías de transferencia de resultados
 de I+D+i a la docencia (nacional e internacional), vinculación con el medio (en
 particular, las industrias) y otros.
 - En principio, a nivel del fomento público, un programa de esta naturaleza puede ser entendido como una iniciativa conjunta del MINEDUC, CORFO y CONICYT con apoyo importante de la SOCHEDI.
- Diseñar, implementar y operar un programa poderoso de Educación Continua de Ingenieros que aborde los principales ámbitos de importancia en el ejercicio de la profesión. Entre ellos: actualizaciones en ciencia, tecnología, gestión; nuevas prácticas, metodologías y estándares de Ingeniería; progresión profesional; gestión de calidad en ingeniería; emprendimiento e innovación en ingeniería. Un programa de este tipo puede ser abordado por una o más asociaciones entre las universidades, el Colegio de Ingenieros y las agencias públicas. Por cierto, un programa de este tipo será catalizado con una norma propuesta sobre la actualización profesional de los ingenieros.
- Diseñar, implementar y operar un programa de digitalización de apoyo a la formación de ingenieros, con características al nivel de las universidades más avanzadas a nivel internacional. Este programa debe incluir desde la digitalización de laboratorios y metodologías de enseñanza-aprendizaje hasta la educación en línea en diferentes formatos aptos.
 Un programa de este tipo puede ser abordado desde el MINEDUC, en particular como parte del propósito de una iniciativa de digitalización integral de las universidades. De hecho, el ámbito de Ingeniería puede ser abordado como su primera fase.
- Diseñar, implementar y operar un Observatorio de la Ingeniería y de los ingenieros en Chile. Este observatorio debe proporcionar información útil sobre la población de ingenieros, sus actividades y sus obras.
 Un programa de este tipo puede estar radicado en el Instituto de Ingenieros, la Academia de Ingeniería de Chile o el Colegio de Ingenieros, con apoyo del MINEDUC, CORFO y CONICYT.

Propuestas y recomendaciones sobre gestión del cambio e inversiones en las instituciones

- Adoptar la visión de largo plazo, consistente en evolucionar hacia una formación de clase mundial con una clara vocación de liderazgo en Chile y América Latina, y en algunos ámbitos seleccionados, a nivel global.
 Esta visión debe radicarse en un entendimiento o acuerdo formal entre el Instituto de Ingenieros, la Academia de Ingeniería de Chile, el Colegio de Ingenieros, las agencias públicas pertinentes (CORFO, DIVESUP, CONICYT), CONDE-FI y las universidades.
- Apoyar a las instituciones, en particular a las universidades, en realizar planes efectivos de gestión del cambio para la renovación de sus Facultades de Ingeniería. La inspiración de estos planes debe venir de la comunidad organizada de académicos e ingenieros, ser liderada por autoridades universitarias comprometidas y financiada por las agencias públicas.
- Apoyar y fortalecer el CONDEFI como instancia para generar dinámica de cambio colaborativo entre las instituciones.
- Crear una instancia de participación permanente, de carácter asociativa, para abordar los temas de formación de ingenieros, con suficiente representación y capacidad de influir. En principio, con la participación de las agencias públicas, del Colegio de Ingenieros, Instituto de Ingenieros de Chile, Academia de Ingeniería de Chile, SOCHEDI, CONDEFI, representantes de estudiantes e Instituciones de Educación Superior que imparten carreras de ingeniería. En esta instancia se debe capitalizar la experiencia ganada hasta ahora en Chile en la renovación de Escuelas y Facultades de Ingeniería, reconociendo las modalida-
- Realizar estudios rigurosos sobre cuánto cuesta formar ingenieros de calidad internacional en Chile. Con ello, determinar las brechas con los niveles actuales de inversión y gasto. Establecer planes realistas de inversión. Esta iniciativa debe ser conducida por entidades como DIVESUP, CORFO y CONICYT.

des de cambio que son efectivas y diferenciándolas de las que no lo son.

Propuestas y recomendaciones sobre la academia y los académicos

• Promover que las universidades, en lo que respecta a la formación de ingenieros y las otras funciones académicas en torno a la ingeniería (I+D, transferencia tecnológica, innovación, vinculación con el medio), se proyecten como instituciones vigentes en el estado del arte internacional que asumen con determinación los componentes de la visión señalada más arriba.

Esto podría quedar representado en los Planes de Desarrollo Estratégico de las universidades.

- Desarrollar a los académicos de Ingeniería como actores de alto nivel en las universidades y en la sociedad para asegurar el cumplimiento de sus significativos roles.
 - Las universidades deben promover el desarrollo y ejercicio de los roles académicos de profesor, investigador e ingeniero a sus más altos niveles, conformando para ello los cuerpos académicos al más alto nivel, con competencias docentes, de I+D y de Ingeniería; implementando incentivos adecuados para el cultivo de la excelencia; perfeccionando sus competencias mediante instrumentos adecuados.
- Asegurar un alto y sistemático compromiso de los académicos con la formación de ingenieros, con mayor calidad y efectividad, verificable en los resultados de aprendizaje de los estudiantes, titulados y graduados.
- Desarrollar los directivos institucionales (decanos, directores, otros directivos superiores) de modo que puedan conducir exitosamente renovaciones importantes en las Facultades y Escuelas de Ingeniería con las visiones señaladas. Para ello es conveniente que las autoridades universitarias se autoimpongan lograr objetivos y metas relevantes de acuerdo a las necesidades y desafíos del país y a las proyecciones internacionales, así como ejercer un liderazgo transformador.

Para apoyar estos procesos es conveniente realizar un programa de fortalecimiento de las competencias de liderazgo y gestión de educación superior.

- Respecto de los académicos debe tenerse presente:
 - ✓ Los cuerpos académicos de las universidades chilenas necesitan fortalecerse y renovarse. Las universidades ya vienen realizando parte de estos fortalecimientos y renovaciones, tanto con recursos propios como con los financiamientos que provienen de las agencias públicas.
 - ✓ Los académicos chilenos están haciendo un trabajo valioso y se destacan en América Latina. No obstante, a pesar de los avances, las brechas con los países desarrollados y emergentes son todavía grandes. Esto se debe al menos a dos factores: las velocidades relevantes con que avanzan los líderes del mundo; la menor cuantía de recursos invertidos en Chile para la renovación y fortalecimiento de los cuerpos académicos.
 - ✓ Por ejemplo, países como Canadá y Singapur, por señalar dos culturas totalmente diferentes, optaron por una gran atracción de académicos extranjeros para realizar continuos cambios mayores a través del tiempo y ser plenamente competitivos con otros países desarrollados. Por cierto, estas decisiones se combinan con las acciones de desarrollo de los académicos

- originarios de esos países, formando así culturas verdaderamente internacionales en sus comunidades académicas.
- ✓ El perfil de un académico de ingeniería que sea competitivo internacionalmente requiere tanto de una formación de postgrado, con capacidad demostrada de investigación y desarrollo, como de comprender profundamente las necesidades expresadas y latentes de las industrias, del ejercicio actualizado de la profesión de ingeniero y tener competencias para la innovación. Esto unido a las competencias docentes tan necesarias para la formación de ingenieros.
- ✓ Por ello, la experiencia internacional muestra a las universidades en la búsqueda permanente y sistemática de académicos que cumplan estos requisitos, con evaluación y perfeccionamiento continuos que aseguren altos desempeños académicos, tanto a nivel individual como colectivo en una Facultad de Ingeniería.
- ✓ Décadas atrás, esto era una tarea muy difícil debido a la escasez de capital humano avanzado en la mayoría de los países del mundo. Pero desde aproximadamente el año 2000 esto comenzó a cambiar en forma apreciable, debido al aumento de personas que hacen estudios de postgrado, que tienen experiencias en las industrias, en los emprendimientos, y a los notables aportes que están haciendo las plataformas virtuales y las redes de información.

Propuestas y recomendaciones sobre los estudiantes

- Los estudiantes deben adoptar un rol tan activo como puedan en su formación profesional, asumiendo una responsabilidad integrada sobre sus compromisos como estudiantes, sobre capacidades, logrando un aprovechamiento efectivo de las oportunidades de aprendizaje.
- Los estudiantes deben administrar su tiempo de manera responsable y realista sin necesidad de un control permanente de parte de sus profesores y las universidades.
- Los estudiantes deben asumir, tan temprano como sea posible, su identidad con la profesión de Ingeniería, comprendiendo sus desafíos y sus formas efectivas de contribución de valor en la sociedad.
- Los estudiantes deben reflexionar sobre la situación actual y la proyección futura de la ingeniería, y dialogar sobre esto con los académicos y los profesionales que ejercen la profesión.
- Los estudiantes pueden y deben hacer contribuciones relevantes al mundo de la Ingeniería y a sus efectos en la sociedad, desde el inicio de sus estudios.

Propuestas y recomendaciones sobre los ingenieros

- Autoimponerse estándares más rigurosos en el ejercicio de la profesión, desde aumentos sustantivos de la calidad de los trabajos de Ingeniería hasta el cumplimiento ético riguroso en los ámbitos sociales y ambientales. Estos estándares más exigentes, además de configurar beneficios directos para la sociedad, representan poderosas señales para la formación de ingenieros en las universidades. Estas disposiciones deben desarrollarse, en principio, a través del Colegio de Ingenieros y otras instituciones del mundo de la Ingeniería.
- Orientarse con determinación a la renovación de las industrias y al desarrollo de nuevas, en la perspectiva del uso de la Ingeniería y la tecnología como medios efectivos para el progreso de Chile. En particular, para generar aumentos significativos de la productividad, tema ampliamente reconocido como crítico y en el cual se espera una contribución relevante de los ingenieros.
 En forma similar al punto anterior, esto también representa una poderosa señal para la formación de ingenieros en las universidades.
 Estas disposiciones pueden canalizarse, en principio, tanto a través del Instituto de Ingenieros como de la Academia de Ingeniería de Chile.
- Colaborar más activamente con las universidades, en particular aquellos ingenieros que han logrado alto dominio en algún ámbito de la Ingeniería en cuestiones claves para la formación de ingenieros. Por ejemplo, a través de: talleres, proyectos, comités, mentorías. Muchos ingenieros están disponibles para estas actividades, y para ello es necesario que las universidades desarrollen espacios aptos. Estas participaciones pueden integrarse a los programas de políticas públicas activas señaladas anteriormente o realizarse en forma independiente.

Propuestas y recomendaciones sobre las empresas y otros actores

Las empresas y otros actores están invitados a tomar un rol más activo en la formación de los ingenieros, como ocurre con sus pares en los países desarrollados.

En particular:

 Colaborar en profundidad con las universidades para la elaboración de perfiles de egreso; desarrollo de marcos de cualificaciones efectivos; determinación de trayectorias de progresión laboral; realización de tesis de doctorado en temas relevantes para la industria; inserción de postgraduados en la industria; determinación de necesidades de educación continua y facilitación de la participación de los profesionales; realización de I+D e innovación y otras materias.

- Interactuar con las universidades colaborando en la presentación y análisis de casos relevantes de ingeniería a los estudiantes y a los académicos. Principalmente en lo que se refiere a calidad, medio ambiente, productividad, seguridad e innovación en Ingeniería.
- Facilitar la realización de prácticas efectivas y de calidad de los estudiantes en las
 empresas, con el objetivo de fortalecer la formación de ingenieros, incentivar la
 realización de proyectos de innovación y facilitar la inserción laboral adecuada.
 Cabe destacar que existe una considerable cantidad de tiempo dedicado a prácticas pero es necesario mejorarlas significativamente y ampliarlas. Para ello se
 pueden considerar actuaciones conjuntas de las universidades con organizaciones
 empresariales tales como SOFOFA, CChC, ASIMET y otras.

Propuestas sobre los organismos públicos que realizan o son usuarios de Ingeniería

Los ministerios y organismos públicos que realizan actividades importantes en Ingeniería (tales como MOP, MTT, Ministerio de Energía y otros) están invitados a tener un rol más activo del que ya tienen en la formación de ingenieros y en otras funciones de las Facultades de Ingeniería.

En particular:

- Colaborar en profundidad con las universidades para la elaboración de perfiles de egreso; desarrollo de marcos de cualificaciones efectivos; determinación de trayectorias de progresión laboral; inserción de postgraduados en los organismos públicos; determinación de necesidades de educación continua y facilitación de la participación de los profesionales; realización de I+D e innovación y otras materias.
- Interactuar con las universidades colaborando en la presentación y análisis de casos relevantes de ingeniería a los estudiantes. Principalmente en lo que se refiere a calidad, medio ambiente, productividad, seguridad e innovación en Ingeniería, servicio público, modernización del Estado, regulaciones y estándares adecuados.
- Facilitar la realización de prácticas de los estudiantes en los organismos públicos con el objetivo de fortalecer la formación de ingenieros, incentivar la realización de proyectos de innovación y facilitar la inserción laboral adecuada. En forma similar a lo señalado en el caso de empresas, es conveniente realizar acuerdos sistemáticos entre las empresas y los organismos públicos.

Propuestas sobre los organismos públicos del ámbito educacional o que colaboran con éste

- Continuar y profundizar el valioso aporte que ya vienen realizando estos organismos (MECESUP, CORFO, CONICYT), a partir del aprendizaje de sus propias experiencias y de las universidades.
- Sistematizar y hacer coherentes las políticas públicas activas y las regulaciones para asegurar calidad y efectividad en el mejoramiento sustantivo de la formación de ingenieros. Por ejemplo, entre los criterios de acreditación de programas de postgrado tecnológicos en la CNA y las orientaciones del Programa Ingeniería 2030 de CORFO. Asimismo, considerar la obligatoriedad de acreditar las carreras de Ingeniería Civil.
 - Esta visión desde la perspectiva de las profesiones (ingenierías y otras) es necesaria y aumenta las probabilidades de éxito de tales políticas.
- Diseñar, implementar y operar los diversos programas públicos señalados más arriba en las respectivas agencias públicas: DFI-MINEDUC, CORFO, CONI-CYT, CNA.

Propuestas sobre las organizaciones del mundo de la Ingeniería

- Estas organizaciones (Institutos de Ingenieros, Colegios de Ingenieros, Academias de Ingeniería) están llamadas a tener un mayor protagonismo en los cambios necesarios en la academia, en particular en la formación de ingenieros.
 Algunas de las propuestas y recomendaciones hechas más arriba están orientadas a estas organizaciones.
- Asimismo, dada la articulación entre la formación de ingenieros y el ejercicio de la profesión, estas organizaciones están invitadas a influir en la renovación del ejercicio profesional y, con ello, potenciar la renovación en la formación de ingenieros.

CAPÍTULO I

CARACTERIZACIÓN DE LAS TENDENCIAS EN LA PROFESIÓN DE INGENIERO

En este capítulo procuramos caracterizar las tendencias en el ejercicio de la profesión de ingeniero. Para hacerlo hemos tenido a la vista, por una parte, nuestra propia práctica profesional, lo que introduce un aspecto experiencial que puede ser valioso, pero que también es subjetivo y, por otra, las señales que entrega la literatura que se refiere al tema. Además, y a diferencia de otros trabajos del Instituto, aquí entregamos información primaria obtenida a través de las respuestas que ingenieros activos han dado a encuestas que los interrogan sobre aspectos de su ejercicio profesional.

El primer acápite aborda las tendencias del ejercicio profesional a nivel internacional, en particular respecto de los roles y perfiles de los ingenieros en la sociedad.

El segundo acápite contiene reflexiones sobre la práctica de la ingeniería en Chile y las tendencias de cambio que manifiesta, en el trasfondo de la experiencia internacional de cambio en el ejercicio de la profesión.

El tercer acápite aborda las percepciones de los ingenieros que se desprenden de los resultados de encuestas hechas a titulados en la Universidad de Chile y de la Universidad Técnica Federico Santa María. Quienes han contestado las encuestas son mayoritariamente ingenieros jóvenes, pero esa es también parte relevante de la composición de la población de ingenieros activos.

Por último, el cuarto acápite plantea algunas conclusiones que se derivan de lo expuesto, en particular del análisis de los resultados de las encuestas.

1. Tendencias del ejercicio de la ingeniería a nivel internacional

Las tendencias del ejercicio profesional se abordan en los ámbitos siguientes:

- Roles de los ingenieros en la sociedad (sección 1.1).
- Número de ingenieros (sección 1.2).
- Perfiles profesionales y competencias para el ejercicio de la profesión (sección 1.3).

1.1. Roles de los ingenieros en la sociedad

Durante la segunda parte del siglo XX ocurrió un aumento significativo de los tipos de roles de los ingenieros en las sociedades de los países desarrollados y emergentes. En el Cuadro I.1 se muestra una relación de tales roles.

Esta expansión ocurrió principalmente como consecuencia de dos dinámicas convergentes: el acelerado cambio científico-tecnológico, que hizo posible nuevos campos de aplicación y la demanda de los actores sociales por más y mejores soluciones de ingeniería en diferentes ámbitos de la vida urbana, de las industrias, del trabajo, de la salud y otros.

Diferentes organismos internacionales, como OECD y UNESCO, han puesto de manifiesto el aumento de los roles de los ingenieros asociados a las realizaciones de la ingeniería y a los ámbitos sociales que ellas abordan.

En lo avanzado del siglo XXI, esta tendencia se ha dramatizado, muy especialmente por el auge de nuevas tecnologías (*big data*, internet de las cosas, robótica, biotecnología, nanotecnología y otros) que amplían y profundizan las actividades de los ingenieros.

Cuadro I.1. Roles Característicos de los Ingenieros en las Sociedades Avanzadas.

- Ingenieros como profesionales competentes en disciplinas y campos científico-tecnológicos: químicos, mecánicos, eléctricos, obras civiles, industriales, minas, metalurgia, informática, sistemas y varios otros.
- Ingenieros como profesionales competentes en obras de ingeniería: infraestructura física, energía, telecomunicaciones y otros.
- Ingenieros como profesionales competentes en desarrollo de productos B2B: máquinas, dispositivos y sistemas de uso en las industrias diversas.
- Ingenieros como profesionales competentes en desarrollo de productos B2C: máquinas, dispositivos y sistemas para las personas.
- Ingenieros como profesionales competentes en servicios diversos: diseño, ingeniería de proyectos, instalaciones y montajes, implementaciones, mantenimiento, comercialización y marketing tecnológico de ingeniería, y otros.
- Ingenieros como organizadores de empresas en torno a la tecnología.
- Ingenieros como profesionales clave para la generación de riqueza y bienestar, y superación de la pobreza.
- Ingenieros como innovadores y emprendedores.
- Ingenieros como gestores y líderes en empresas e instituciones en que la tecnología e ingeniería son relevantes.
- Ingenieros como diseñadores y desarrolladores de nuevas soluciones para los desafíos de la sociedad
- Ingenieros como investigadores y desarrolladores en centros de I+D y en empresas.
- Ingenieros como académicos.
- Otros Roles.

Fuente: Elaboración propia.

A la par de los roles y funciones diversas, también ha aumentado la variedad de empresas e instituciones en que se desenvuelven los ingenieros. A las empresas industriales y manufactureras tradicionales se han sumado con fuerza: las empresas tecnológicas; los centros tecnológicos; las empresas que proveen decenas de tipos de servicios diferentes; las empresas de manufactura avanzada, industrias inteligentes y varias otras.

Al aumentar los roles posibles de los ingenieros han surgido diversas preguntas: ¿cuáles son los roles esenciales y cuáles son las funciones fundamentales de la ingeniería? Algunas organizaciones internacionales se han hecho cargo de abordar éstas y otras preguntas. Una de las respuestas es la propuesta por la organización CDIO, que plantea las siguientes funciones básicas de la ingeniería: concebir, diseñar, implementar y operar. Otras organizaciones, como ABET, han hecho propuestas más amplias. En general, se pueden apreciar varias coincidencias. Una de ellas es la relevancia del diseño de los productos y de las obras de ingeniería, por su impacto significativo en la sociedad.

Los diversos roles demandan diferentes competencias en los ingenieros. Por ello se está haciendo cada vez más difícil que las universidades puedan formar a los estudiantes con todas ellas. En general, las competencias se pueden formar adecuadamente mediante combinaciones entre la formación inicial (pregrado) en las universidades y el ejercicio de la profesión, articulada con la educación continua y el postgrado durante el ciclo de vida de la persona. Estas combinaciones dan opciones diversas a las universidades para su vinculación con las empresas y los otros actores de la sociedad.

1.2. Número de ingenieros

En lo avanzado del siglo XXI ha cobrado relevancia, a nivel internacional, la población de ingenieros de que dispone un país como factor que explica su desarrollo económico-social.

Está ocurriendo un cambio de paradigma desde la lógica consistente en que el número de ingenieros de un país debe ser la respuesta a la demanda laboral de sus industrias hacia la lógica consistente en que el número de ingenieros es determinante para la innovación y la creación de industrias. Los ingenieros innovadores crean nuevas industrias y nuevos empleos. Esto es conocido socialmente desde antaño, habiéndose vivido intensamente desde la revolución industrial, en particular, con la electrificación. Pero, dado que se había entendido como un fenómeno espontáneo, ha costado que esta lógica sea reconocida por los modelos imperantes en la academia y en las políticas públicas.

En el trabajo del Banco Mundial⁶ de 2014 se ilustra esto, en particular respecto

⁶ Banco Mundial. América Latina: Mucho emprendimiento, poca innovación.

del rezago que experimenta América Latina en innovación. Basada en esta nueva comprensión de la importancia del número de ingenieros, varios países han venido generando aumentos significativos de sus poblaciones de ingenieros, en particular en Asia: primero Japón a partir de los 60, luego Taiwán a partir de los 70, Corea a partir de los 80, y China a partir del 2000.

La UNESCO ha abordado el aporte de la ingeniería a nivel global. En su informe⁷ de 2010, se refiere al número de ingenieros, entre otras materias. En particular, afirma que solo para resolver el desafío del agua potable en África Subsahariana se requieren más de 2,5 millones de ingenieros y técnicos.

El enfoque de asociar la solución de los diversos problemas y desafíos de la Humanidad a la existencia de determinadas poblaciones de ingenieros, conduce a plantear que se requieren varios millones de ingenieros adicionales hacia 2030. Chile experimenta también esta situación. Por ejemplo, según la ACTI, el país necesita varios miles de ingenieros adicionales en tecnologías de información y comunicaciones para abordar los desafíos actuales del país; muchos más son requeridos para el desarrollo de una industria TIC competitiva internacionalmente.

De la necesidad de formar más ingenieros surge un desafío para las universidades: ¿Cómo hacerlo con calidad?

Una dimensión relevante de la población de ingenieros es el número de mujeres que estudian ingeniería, practican la profesión y realizan actividades académicas. A pesar de los avances en los campos de Ingeniería Industrial e Ingeniería Química, todavía hay brechas importantes, en particular en algunas especialidades como Ingeniería Eléctrica, Electrónica y Computación. En la mayoría de los países desarrollados se han venido realizando iniciativas para aumentar la atracción de estudiantes mujeres a Ingeniería y hay expectativas de que puedan ocurrir importantes cambios.

1.3. Perfiles profesionales y competencias para el ejercicio de la profesión

Los perfiles profesionales de los ingenieros han venido evolucionando en el mundo y también las competencias que ellos deben tener para realizar su trabajo con calidad, efectividad y responsabilidad social.

Esta evolución es consecuencia de los siguientes factores: mayores exigencias de los usuarios y la sociedad; cambios científico-tecnológicos; nuevas regulaciones; globalización; nuevos roles y cambios internos en el ejercicio de la profesión.

En principio, cada país ha definido los perfiles y competencias de los ingenieros que forman sus universidades. Pero esto ha evolucionado hacia la realización de determinados acuerdos formales a nivel internacional. Principalmente como respuesta a la movilidad internacional de la ingeniería, basada en los códigos de la ciencia y la tecnología que son globales, y con bastante independencia de las situaciones polí-

⁷ Engineering: Issues, Challenges and Opportunities for Development. UNESCO Report, 2010.

ticas y administrativas locales. Por cierto, existe un amplio espacio para diferenciar el ejercicio de la profesión en cada país o sociedad, pero son muchos los factores comunes entre las naciones.

Las principales convergencias internacionales sobre los perfiles y competencias del ingeniero, y que dan cuenta de las tendencias de la profesión, son las siguientes (que se abordan en el Capítulo IV de este informe):

- Acuerdo de Washington (que se articula con los acuerdos de Sidney y Dublín).
- Acuerdo de APEC.
- Acuerdo de Unión Europea.
- Referencias y orientaciones de organismos de acreditación internacional como ABET.
- Planteamientos para la evolución hacia un ingeniero global, según proponen instituciones como ASEE en EUA (ver Cuadro I.2) y otros en Europa.

Cuadro I.2. Atributos del Ingeniero Global. La visión de la American Society of Engineering Education.

- 1. Demuestra una comprensión de los fundamentos de la ingeniería, la ciencia y la matemática.
- 2. Demuestra una comprensión de las perspectivas políticas, sociales y económicas.
- 3. Demuestra una comprensión de las tecnologías de la información, las competencias digitales y la alfabetización en información.
- 4. Demuestra una comprensión de las etapas/fases del ciclo de vida de los productos (diseño, prototipo, prueba, producción, canales de distribución, gestión de proveedores, etc.).
- 5. Demuestra una comprensión de la planificación de los proyectos, la gestión y los impactos de los proyectos sobre diversos grupos de actores (miembros del equipo de proyecto, patrocinador del proyecto, clientes del proyecto, usuarios finales, etc.).
- 6. Demuestra una comprensión de las normas éticas y de negocios y aplica tales normas de manera efectiva en un contexto dado (organización, sector, país, etc.).
- 7. Se comunica de manera efectiva en una variedad de formas, métodos y de medios de comunicación (escrita, verbal/oral, gráfica, auditiva, electrónica, etc.).
- 8. Se comunica efectivamente con las audiencias técnicas y no técnicas.
- 9. Posee una perspectiva internacional/global.
- 10. Posee fluidez en, al menos, dos lenguas.
- 11. Posee la habilidad de pensar crítica y creativamente.
- 12. Posee la habilidad de pensar individual y cooperativamente.
- 13. Funciona efectivamente en un equipo (entiende las metas del equipo, contribuye efectivamente al trabajo en equipo, apoya las decisiones del equipo, respeta a los miembros del equipo, etc.).
- 14. Mantiene una imagen personal positiva y tiene autoconfianza positiva.
- 15. Mantiene un alto nivel de competencias profesionales.
- 16. Adopta un compromiso con los principios y estándares de calidad y con el mejoramiento continuo.
- 17. Adopta perspectivas interdisciplinarias y multidisciplinarias.
- 18. Aplica juicio personal y profesional para tomar decisiones efectivas y gestionar los riesgos.
- 19. Apoya a otros para alcanzar las metas y realizar las tareas.
- 20. Muestra iniciativa y demuestra voluntad en aprender.

Fuente: The Attributes of a Global Engineering Project. American Society for Engineering Education, 2011.

2. Las tendencias de cambio en la práctica de la ingeniería en Chile

En los países desarrollados, debido a que sus sociedades y ecosistemas son más evolucionados y complejos, los ingenieros tienen unas participaciones más concentradas en las funciones propias de la profesión. Esto es diferente en los países con menores grados de desarrollo.

En Chile, los ingenieros han tenido históricamente una participación amplia y relevante en la sociedad ocupando posiciones, además del ejercicio de la profesión, en la política, en la administración pública, en el sistema financiero y en la administración de la industria, tanto de propiedad privada como estatal. Baste recordar que desde 1958 en adelante dos presidentes de la República, Jorge Alessandri Rodríguez y Eduardo Frei Ruiz-Tagle, han sido ingenieros civiles provenientes de la industria privada.

El prestigio de la profesión, al que contribuían tanto la necesidad de construir la infraestructura que el país requería, como la formación en ciencias básicas y en matemáticas, que exige dotes percibidas como escasas, así como las buenas remuneraciones y la capacidad de administrar adecuadamente, hicieron que la Ingeniería fuera capaz de atraer los buenos talentos del país.

Las tendencias de cambio en Chile se abordan en los siguientes ámbitos:

- Número de ingenieros en Chile (sección 2.1).
- Ingenieros e innovación en Chile (sección 2.2).
- Cambios demográficos en el ejercicio profesional en Chile (sección 2.3).
- Ámbitos del ejercicio de la ingeniería en Chile (sección 2.4).
- Un caso relevante para Chile: perspectiva de la ingeniería en la minería (sección 2.5).
- La dimensión internacional de la formación en Chile (sección 2.6).
- Algunas cuestiones críticas en la formación y el ejercicio profesional en Chile (sección 2.7).

2.1. Número de ingenieros en Chile

La diversificación de los roles laborales, el aumento sostenido de la inversión, la naturaleza productiva del país (en sectores como minería, infraestructura, forestal, agro-alimentos, telecomunicaciones,...), la progresiva democratización y el crecimiento de la economía han aumentado la demanda de ingenieros. El incremento del número de escuelas de Ingeniería y del número de sus egresados así como el destino profesional de ellos sigue una tendencia que también se observa en el plano internacional, pero con algunos desfases temporales.

El Instituto de Ingenieros de Chile estima que el número total de Ingenieros Civiles titulados entre 1965 a 2011, con una formación que se extiende más allá de cinco años, alcanza a 58.8588. De este número sólo una pequeña fracción se encuentra colegiada, puesto que el Colegio de Ingenieros indicaba en 2015 que sus registros incluían 2.800 miembros.

Considerando en Chile una población activa entre 8 y 9 millones de personas, los ingenieros representan el 0,7% de ella. La presencia de ingenieros es de 3,2% en Alemania y de 2% en Francia, que son las mayores economías de Europa. El crecimiento del número de ingenieros, tanto en términos absolutos como en relación a la población laboral, es una tendencia mundial que también se ha comenzado a verificar recientemente en Chile. Pero aún faltan muchos ingenieros para alcanzar los niveles de los países desarrollados. Además, es necesario tener presente que, en Alemania, Japón y otros países, los ingenieros se dedican en su gran mayoría a la ingeniería y a la tecnología; en cambio, en Chile estos profesionales se dedican a muchas tareas diferentes, entre ellas la gestión y dirección de empresas e instituciones de diverso tipo.

Desde esta perspectiva, teniendo presente lo señalado en la sección 1.2 y los importantes problemas no resueltos de desarrollo del país, se concluye que es necesario aumentar la dotación de ingenieros activos que ejerzan la profesión, con calidad y efectividad.

En forma parecida a lo que ocurre a nivel internacional, en Chile también existen brechas importantes entre el número de mujeres respecto del número de varones en el ejercicio de la ingeniería y también entre los estudiantes y los académicos. Un desafío es superar estas brechas.

En este proceso de crecimiento de la población de ingenieros, el desafío mayor es cómo formarlos con calidad, tanto en el pregrado como en el postgrado y la educación continua. En particular, teniendo presente que están aumentando los requerimientos de calidad en el país y a nivel internacional.

2.2. Ingenieros e innovación en Chile

La dedicación a la tecnología y la ingeniería es importante para la economía, porque son fuentes de innovación, progreso, aumento de productividad, crecimiento y desarrollo de la sociedad, muy especialmente para lograr y asegurar a largo plazo la competitividad del país. Para que esto ocurra es necesaria la articulación entre innovación y emprendimiento.

Por lo tanto, son esclarecedoras las respuestas a la encuesta realizada a los ingenieros formados en la Universidad de Chile que se presenta en el acápite 3. En ella, los egresados opinan que la mayor falencia en su formación ha sido en el emprendimiento y la innovación. Esta situación ha sido común también en otras instituciones

⁸ Informe Capital Humano para la competitividad. El caso de la Ingeniería Civil. Comisión Instituto de Ingenieros de Chile, 2013.

chilenas. Percibir esa falencia es signo de su necesidad y marca una tendencia en la práctica de la ingeniería frente a la cual esos ingenieros quisieran haber sido mejor formados.

Esta percepción acerca de su formación pone en evidencia que la innovación en Chile, en particular en ingeniería, está aún lejos de ser el motor de la economía como lo es en California, Suecia, Israel, Corea, Finlandia y otros países. Pese a los esfuerzos de sucesivos gobiernos chilenos por impulsar la innovación, en la práctica de la ingeniería ha existido una exagerada aversión al fracaso; esto se traduce en que, con frecuencia, cuando se propone una innovación surge la pregunta acerca de dónde se ha hecho antes aquello, a lo que sigue la negativa a ser los primeros en emplear algo que no tiene precedentes. Esto es un reflejo de la escasa cultura de innovación tecnológica de las empresas y del Estado en Chile. A lo anterior se suma la naturaleza de los sectores relevantes de la economía chilena en los que domina la industria minera, sector que en el mundo ha sido menos innovador que otras industrias, como por ejemplo, la electrónica.

No obstante lo señalado, durante el siglo XX varios ingenieros chilenos han contribuido con innovaciones útiles en varios ámbitos, con impactos positivos en empresas e instituciones. No obstante, estos casos exitosos no fueron suficientes para crear una amplia cultura de ingeniería innovadora.

En la última década se identifican avances positivos hacia un cambio cultural de la innovación de la ingeniería en Chile. Esto es consecuencia de la sinergia entre varios factores: la maduración de los casos de éxito que se han ido construyendo en años; la demanda crítica por renovación tecnológica en las empresas, en particular para enfrentar el desafío de la productividad; el continuado esfuerzo de apoyo de las agencias de fomento como CORFO; la tendencia mundial de aumento de la innovación; las renovaciones académicas que se están realizando en las Facultades de Ingeniería de varias universidades. Es destacable que más de 10 universidades chilenas, entre ellas la Universidad de Chile a cuyo diagnóstico se hizo referencia más arriba, están realizando significativas iniciativas para apoyar la innovación y el emprendimiento en la formación de ingenieros.

Todo esto confirma y pone de relieve el desafío de formación: es necesario que los ingenieros sean más innovadores y logren desarrollar una cultura de innovación allí donde no existe y así contribuir al desarrollo de nuevas industrias.

2.3. Cambios demográficos en el ejercicio profesional en Chile

Un hecho que implica una tendencia es la proporción de ingenieros jóvenes dentro de la fuerza de trabajo constituida por ingenieros en Chile. En el grupo de quienes contestaron la encuesta indicada en acápite 3, más de la mitad tiene menos de 13 años de profesión (puede pensarse que tienen menos de 38 años de edad). Este es un hecho promisorio, que se compara favorablemente con Alemania en que 14,4% de los ingenieros tiene menos de 34 años de edad, y es semejante a la de España, que

alcanza un 49,5% en ese rango etario. Desde ya, este hecho implica que la profesión mantiene su capacidad de atracción sobre los estudiantes que eligen carrera y que el nivel de remuneraciones y las posibilidades de encontrar pronto empleo al egresar son mejores en relación a otras opciones profesionales.

El ejemplo de otras latitudes como Finlandia y Corea muestra que un número importante de ingenieros con buena formación son un factor relevante de desarrollo. Esto plantea varios desafíos para el desarrollo de Chile: mantener las condiciones de atracción a las carreras de ingeniería; mejorar continuamente la calidad y completitud de la formación en el pregrado; realizar la formación continua durante el desarrollo de la vida profesional incluyendo el postgrado.

Parte de estos ingenieros jóvenes son los denominados *millenials*, que se caracterizan por el uso avanzado y sostenido de las tecnologías digitales, las comunicaciones y las redes sociales. Asimismo, ellos tienen una actitud más abierta en materias sociales, políticas y en otros ámbitos, y se caracterizan por compartir y colaborar, lo que les favorece en la realización y adopción de los cambios.

Por otra parte, en las últimas décadas se ha venido produciendo una dinámica de atracción de ingenieros de otros países a trabajar en Chile que ya representan unos miles. Esto ocurre tanto en empresas y organizaciones internacionales radicadas en Chile y también, aunque en menor grado, en empresas chilenas.

Estas dinámicas demográficas configuran unos factores de cambio para el ejercicio de la ingeniería en Chile: más ingenieros jóvenes, más ingenieros extranjeros, más ingenieros chilenos con experiencia internacional.

Esto ayuda a proyectar una transformación importante en el desarrollo de la profesión en el país.

2.4. Ámbitos del ejercicio de la ingeniería en Chile

La tendencia de algunos ingenieros a desempeñarse fuera del campo de la ingeniería, mencionada más arriba, se advierte también en las respuestas a las encuestas que se describen en el tercer acápite de esta sección. En ellas se declara que un 25% de los ingenieros trabaja fuera de su especialidad. Vale la pena mencionar que en la Comunidad Europea, un promedio de 28% de los ingenieros graduados no trabajan en tareas de ingeniería, lo que muestra la versatilidad de estos profesionales a nivel internacional para adaptarse a otros ambientes de trabajo, fuera de su profesión.

Desde la perspectiva de los empleadores, el juicio muy probablemente es similar, puesto que usualmente ellos emplean ingenieros en tareas que no son sólo de ingeniería.

En forma similar a la expansión internacional señalada en el acápite 1, pero desfasada y atenuada, en Chile se está produciendo una ampliación del espectro de ámbitos de ingeniería: desde la minería, la construcción e infraestructura, las industrias básicas, la energía, hasta las empresas tecnológicas y de servicios. Incluyendo actividades diversas como software para aplicaciones industriales, financieras, edu-

cacionales, de salud y desarrollo de videojuegos.

La ingeniería de consulta y los servicios de consultoría han tenido una expansión relevante en los últimos 20 años, asociada a los ciclos de inversión. A medida que la inversión aumentaba, la demanda por ingeniería también aumentaba. Asimismo, con la reciente disminución de la inversión verificada desde 2014, también ha disminuido la demanda agregada por esos servicios, aunque en forma asimétrica. Por ejemplo, mientras se observa una disminución de la inversión en minería, ella aumenta en la industria de energía, en particular de energía solar.

Una dimensión valiosa y significativa en los últimos 15 años es la exportación de servicios y la tendencia hacia los servicios globales de ingeniería (SGI).

La diversificación de ámbitos del ejercicio de la profesión está generando espacios positivos para el desempeño laboral y así contribuir mejor al desarrollo de Chile. No obstante, está poniendo en evidencia las pequeñas concentraciones de ingenieros por ámbito (pocas "masas críticas"), lo que hace todavía difícil la competencia de los actores locales frente a empresas internacionales más grandes.

2.5. Un caso relevante para Chile: Perspectiva de la ingeniería en la minería

Aunque el número de ingenieros que hemos señalado puede parecer importante, no lo es si se considera sólo la demanda que llegó a tener hacia 2014 la industria del cobre. Esta industria aumentó enormemente su capacidad de producción durante la fase de expansión del súper ciclo del cobre y se concibió un gran número de proyectos que alcanzaron distintas etapas de desarrollo. Una vez que se retome la inversión en la industria será necesaria una mayor presencia de ingenieros para completar los proyectos, llevarlos a la etapa productiva y luego para gestionar y operar las plantes y sistemas resultantes.

A diferencia de la producción de otros metales, como hierro o aluminio, la producción de cobre con calidad de conductor eléctrico es más difícil y no está al alcance de cualquiera. Este es un campo en el cual Chile ha tenido un desarrollo de tecnología propia, aunque limitado, en: perforación, desarrollo de explosivos, hidrometalurgia, lixiviación bacteriana, usos del cobre, pirometalurgia⁹ y automatización de procesos.

A pesar de su limitado desarrollo, el país ha logrado formar un importante cuerpo de ingenieros de las diversas especialidades y no solo de ingenieros de minas, capaces de concebir, diseñar, implementar y operar todos los elementos de esta industria. Este es un ejemplo importante de la tendencia de la ingeniería nacional a diversificar los roles que puede desempeñar y las especialidades que debe cubrir.

⁹ El Horno Convertidor Teniente ha sido una de las excepciones, desgraciadamente abandonado por CO-DELCO su creadora, a favor de desarrollos como los que emprendió en el área de automatización de la extracción.

Desgraciadamente este conjunto de capacidades no configura una dinámica tecnológica-empresarial de escala significativa a nivel internacional, como tiene lugar en Australia, por ejemplo. Asimismo, a partir de 2015, esto se ha puesto en riesgo a causa de la disminución de la inversión en la industria.

Una visión más general de la diversidad de roles y especialidades que cubren los ingenieros se encuentra en la lista de alternativas del gráfico presentado en el Cuadro I.6 donde se responde la pregunta: ¿En qué sector trabaja?

A pesar de los logros de la ingeniería en estos campos específicos, los eslabones de esta cadena son aún débiles. La concepción de los proyectos es realizada por los equipos de ingeniería de la industria propietaria y de las empresas consultoras que las sirven, en tanto que el desarrollo en su etapa de diseño¹⁰ es mayormente realizado por las consultoras. Las empresas nacionales en este rubro tienen una debilidad organizativa notoria, en parte porque no están adecuadamente vinculadas con las empresas constructoras encargadas de la implementación de los proyectos y, por otra, porque esa función de desarrollo no recibe apropiada atención en la formación universitaria.

En efecto, si bien las técnicas de diseño y los programas y herramientas de cálculo están en los programas de formación universitaria, no constituyen parte de esos programas la manera como se organiza el desarrollo de un proyecto de ingeniería, las etapas que lo forman, la manera como se caracterizan esas etapas, cómo se emplea la memoria institucional de las empresas consultoras expresadas en estándares propios, cómo se organizan los sistemas formalizados de consulta y recuperación de la información sobre los proyectos terminados, los estándares nacionales e internacionales que se aplican en cada caso. Toda esta organización es lo que representa una empresa funcional establecida. La formación en el uso de estas herramientas tiene una presencia apenas larvaria en la formación universitaria, lo que constituye una brecha significativa para las consultoras y para las empresas de ingeniería.

Si la economía china sigue creciendo al ritmo que sus autoridades prevén y más aún si se vuelca al desarrollo de su mercado interno cuya capacidad de crecimiento es enorme, la demanda por el cobre, otros metales, recursos naturales y alimentos, continuará aún por varios años aunque en ritmos más moderados que la década 2005-2015. Algunos especialistas de la industria del cobre¹¹ estiman que su demanda no disminuirá antes del año 2020, lo cual mantendrá activa la demanda de ingenieros que trabajan en los clusters exportadores chilenos. Si ello ocurre, los ingenieros que forman las escuelas de ingeniería existentes actualmente en el país continuarán teniendo oportunidades laborales en la industria minera.

En el otro escenario posible, caracterizado porque el ciclo de demanda de los recursos naturales descienda dramáticamente en los próximos años¹², se plantea el de-

¹⁰ Por oposición a la etapa de construcción.

¹¹ Gustavo Lagos del Centro de Minería de la PUC.

¹² Está la tesis actual de la OECD.

safío más relevante: la contribución de la ingeniería al desarrollo de Chile más allá de la minería y los recursos naturales, en particular, en la creación de nuevas industrias.

Es un hecho conocido que el desarrollo tecnológico en industrias maduras, como la minería del cobre, proviene principalmente de los proveedores de equipos y sistemas. Con una posición dominante en la producción mundial de cobre, el país está en condiciones de inducir a parte de las empresas proveedoras a fabricar en Chile o aliarse con industrias locales para hacerlo. En este campo, Chile tiene una situación de mercado que puede apalancarse como lo hace Brasil, quien sí lo exige de las industrias proveedoras. Un giro de política pública como ésta, con los respectivos aprendizajes del siglo XXI (esto es, conjugándolo con una economía abierta), puede expandir la innovación y al emprendimiento en el país, con un rol activo de los ingenieros.

Otros sectores productivos de bienes no tienen esa posición dominante, de modo que el sector de minería del cobre constituye una excepción. Más aún, aunque todavía existen diversas posiciones sobre si para alcanzar el desarrollo el país debe necesariamente pasar por la consolidación de un sector fabril importante, en vez de esforzarse por hacerlo con el sector servicios. Hoy se puede observar que en el desarrollo de diversos países avanzados y emergentes ocurren diferentes combinaciones entre industrias manufactureras y de servicios.

Por consiguiente, los ingenieros tienen el desafío de contribuir al desarrollo de la industria minera y también de las industrias manufactureras y de servicios que les proveen. Y proyectarlo a otras industrias y ámbitos.

2.6. La dimensión internacional de la formación en Chile

Las escuelas de Ingeniería, según se muestra en otros capítulos de este informe, han venido haciendo esfuerzos por renovar la formación que ofrecen a sus alumnos. La visión que ha dirigido esta renovación apunta a dar respuesta a las necesidades vigentes del país.

Sin embargo, como ha ocurrido en el pasado, una tendencia que no dejará de acentuarse con el paso del tiempo es que una fracción importante de esos futuros profesionales desarrollará su carrera en el extranjero, lo que no ha estado suficientemente en la mira de los mismos estudiantes ni tampoco explícitamente en la de las escuelas que los forman. Una pregunta que puede plantearse es por qué deberían alumnos y docentes preocuparse por tales necesidades. La respuesta a ella radica en que ésta es una situación de hecho, derivada de la mundialización, que se combina con el ejercicio de ingenieros extranjeros en Chile. Dos importantes ingenieros chilenos, un ex máximo ejecutivo de CODELCO y el Ministro de Energía¹³ hasta 2016, han hecho parte de su carrera en el extranjero. Otros ingenieros formados en

¹³ Diego Hernández y Máximo Pacheco, respectivamente.

Chile que trabajan en el extranjero no vuelven al país, y eso forma parte de la libertad de cada persona y de todo estudiante que decide estudiar Ingeniería.

La ingeniería, como proyección de la ciencia y la tecnología, es una actividad universal que supera la lógica de las naciones y regiones y constituye uno de los principales agentes que le dan al mundo actual la forma que tiene. Se manifiesta en una creciente movilidad internacional de ingenieros, científicos y tecnólogos. Los países avanzados comprenden esto y aprenden a gestionar esos flujos de profesionales, tanto en las empresas y universidades, como en las respectivas políticas públicas.

Vemos así la incipiente tendencia de la ingeniería chilena a la internacionalización; por la vía de ingenieros que se instalan en el extranjero y desempeñan allí su profesión, y también por la exportación de servicios de ingeniería. El auge de la minería y otros sectores industriales de recursos naturales ha atraído a un número importante de empresas internacionales de servicios de ingeniería, tanto de proyectos como de consulta, y también de proveedores diversos que, instaladas en el país, atienden los proyectos locales, y realizan proyectos de naturaleza similar en el extranjero a partir de sus oficinas en Chile. Este hecho plantea un desafío de tendencia a la globalización: las empresas extranjeras son desarrolladas y dirigidas por ingenieros que se orientaron al negocio de la ingeniería a escala global, y no sólo a la ingeniería misma. Esa tendencia, claramente expresada en países como Australia y otros, todavía no se expresa bien en Chile con los consiguientes efectos en la industria. No obstante hay algunos avances interesantes.

La exportación de servicios de ingeniería por las empresas internacionales y también, desde antes de su arribo, por las empresas nacionales, ha convertido a las empresas consultoras y de ingeniería de proyectos en un importante empleador. Este tema se aborda en el Informe¹⁴ del Instituto de Ingenieros de Chile sobre los Servicios Globales de Ingeniería (2011).

Todos estos factores configuran un desafío para la consideración de la dimensión internacional en la formación de ingenieros en Chile.

2.7. Algunas cuestiones críticas en la formación y el ejercicio profesional en Chile

El ejercicio de la profesión está enfrentando en Chile algunas cuestiones críticas que es necesario abordar y que tienen implicaciones en la formación de ingenieros. Tres de ellas destacan por su importancia en los tiempos actuales: la calidad de los proyectos y obras de ingeniería; las competencias genéricas de los ingenieros y la digitalización de las industrias y la sociedad.

¹⁴ Servicios Globales de Ingeniería. Informe de la Comisión del Instituto de Ingenieros de Chile. 2011.

La calidad de los proyectos de ingeniería

En Chile han venido ocurriendo problemas de calidad en los proyectos y obras de ingeniería, algunos de ellos notorios para la opinión pública. Esto también ocurre en países desarrollados, aunque a otros niveles.

El Instituto de Ingenieros de Chile abordó este tema en una de sus comisiones y emitió el informe¹⁵ Factores Condicionantes del Éxito de los Proyectos de Inversión (2012) con las respectivas conclusiones. Una causa determinante en los proyectos estudiados ha sido la insuficiente calidad de la gestión de proyectos. Ésta y otras causas se generan tanto en la formación de ingenieros como en el propio ejercicio de la profesión. Por consiguiente, es importante que las universidades, empresas y organismos públicos se hagan cargo de los respectivos mejoramientos que son necesarios.

Competencias genéricas de los ingenieros

La demanda por competencias genéricas en los ingenieros está aumentando a nivel internacional, principalmente como consecuencia del aumento de complejidad de los proyectos y de los equipos de profesionales; del mayor impacto social de las obras y visibilidad de ellas; de la movilidad de los ingenieros; y de condiciones más estrictas, tanto en las regulaciones, como en los mercados. Esto está ocurriendo en Chile, lo que se manifiesta en muchos proyectos de ingeniería. Los ingenieros de la Universidad de Chile, cuya encuesta indicada en acápite 3 permitía una respuesta libre en una sección destinada a ello, la usaron para manifestar mayoritariamente una falencia formativa relativa a las competencias genéricas. Éstas fueron definidas como competencias desarrolladas en la universidad relativas a la gestión, a la comunicación en español e inglés, al emprendimiento y la innovación. Esto manifiesta una tendencia a la demanda por las habilidades asociadas a la gestión y a la comunicación, en adición a las competencias en ciencia, tecnología, resolución de problemas de ingeniería y otras.

Las universidades chilenas han venido haciendo mejoramientos curriculares y de otra índole para abordar este desafío, en particular con el apoyo de programas como MECESUP e Ingeniería 2030, verificándose algunos avances en algunos estudiantes y egresados. No obstante, estos aportes no son todavía suficientes para generar un cambio relevante y definitivo en la práctica de la profesión, en particular teniendo presente el número total de estudiantes y el número de ingenieros existente en el mercado laboral.

¹⁵ Factores Condicionantes del Éxito de los Proyectos de Inversión. Informe de Comisión del Instituto de Ingenieros de Chile. 2012.

• Digitalización de las industrias y la sociedad

La digitalización está cambiando las formas de concebir y trabajar en prácticamente todos los ámbitos. En particular, en las industrias con el surgimiento disruptivo de las tecnologías gravitantes en la Industria 4.0, tanto en la manufactura avanzada como en las industrias inteligentes (*smart mining*, *smart agro* y varias otras) y ciudades inteligentes (*smart cities*).

La velocidad y magnitud de este cambio no tiene precedentes en varias décadas. Por ello plantea el desafío de preparación de ingenieros y otros profesionales en las diversas tecnologías y ámbitos de la digitalización, incluyendo nuevos modelos de negocios y formas de colaboración.

La digitalización es un desafío tanto para la formación inicial de ingeniería como para la educación continua y los postgrados.

3. Perspectiva sobre la formación y los roles desempeñados por los ingenieros

Como complemento a los planteamientos realizados en el acápite 2 sobre las prácticas de la ingeniería, en esta sección se abordan las percepciones directas de los profesionales sobre sus roles y preparación.

La base de la información que hemos empleado para abordar esta perspectiva es doble. Por una parte la sección 3.1 está formada por el material recogido en una encuesta por internet a los ex alumnos de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile, hecha a pedido del Instituto de Ingenieros de Chile y sobre la base de preguntas establecidas por el Instituto.

Por otra la sección 3.2 se basa en una encuesta semejante a la anterior, preparada por la Asociación de ex alumnos de la Universidad Técnica Federico Santa María, pero en la que tanto las preguntas como las conclusiones fueron establecidas por quienes prepararon y llevaron a cabo la encuesta.

Otra diferencia importante entre ambas encuestas es que la de la Universidad de Chile cubrió toda la comunidad de ex alumnos y recogió las respuestas de quienes quisieron contestarla. Por ello, contempla un espectro etario extenso, sin perjuicio de lo cual dominan las personas que han egresado hace menos de 20 años. La encuesta de la UTFSM se dirigió a la cohorte de exalumnos que había egresado un año antes de la encuesta, que se realizó en 2012, y a la cohorte con 5 años de egresados. En consecuencia, ambas encuestas tienen un sesgo importante hacia los ingenieros jóvenes, lo que corresponde por otra parte a la realidad de la distribución etaria de estos profesionales.

De los respectivos universos formados por los egresados de cada universidad, la encuesta de la Universidad de Chile recibió 1.080 respuestas, aunque sólo 948 estaban completas y fueron incluidas en el análisis, y la de la Universidad Técnica Federico Santa María tuvo aproximadamente 780 encuestas completas.

3.1. Las respuestas de los ingenieros formados en la Universidad de Chile

Para enfatizar la observación sobre el rango etario de quienes contestaron el cuestionario de la Universidad de Chile, los ingenieros con menos de 13 años de egresado constituyeron más de la mitad de la muestra, en tanto que dos tercios de quienes contestaron tienen menos de 23 años de egresados. Los ingenieros con especialidades eléctrica, industrial, estructuras, construcción, transporte, hidráulica, sanitaria y ambiental, forman más del 75% de la muestra.

Un alto porcentaje de encuestados, que supera el 95%, se encontraba trabajando al momento de la encuesta y más del 77% de ellos lo hacía en su especialidad. El alto porcentaje de personas ocupadas puede atribuirse en parte a la situación económica general del país al momento de la encuesta (2013). Aunque la cifra relativa a la especificidad del trabajo implica que casi un 25% no trabaja en su especialidad, un 93% de los encuestados afirmaron que su trabajo tiene relación con su formación de ingeniero. Esto contribuye a sustentar la afirmación que los ingenieros ocupan en Chile posiciones o ejercen libremente (sin un empleador) trabajos que no requieren el título de ingeniero, pero para los cuales creen que su formación los habilita para practicarlos.

Sin perjuicio de las respuestas sobre las brechas o falencias en la formación que se manifiestan más adelante, una mayoría que supera el 85% opinó que su formación en los aspectos disciplinarios, definidos como Ciencias Básicas y Ciencias de la Ingeniería, es relevante y útil para el ejercicio de su profesión.

Muy distinta, y de otro calibre, es la manera cómo respondieron los ingenieros de la Universidad de Chile a la pregunta sobre las brechas en la formación recibida en relación a las Competencias Genéricas. Estas fueron definidas como competencias desarrolladas en la universidad relativas a la gestión, a la comunicación en español e inglés, al emprendimiento y la innovación. Aquí la aprobación sobre la formación recibida, por quienes calificaron su relevancia y utilidad como alta o muy alta, quedó un poco por debajo de la mitad, lo que significa que una mayoría, aunque estrecha, encontró insuficiente su formación en estos aspectos.

En general, las conclusiones obtenidas en estas encuestas son consistentes con los estudios realizados por las universidades respecto de competencias, algunos de ellos realizados en el marco de las actividades de acreditación de carreras ante la CNA o de proyectos de mejoramiento con apoyo de agencias como MECESUP (por ejemplo, en los Convenios de Desempeño).

En los años recientes, esta situación ha comenzado a mejorar debido a las iniciativas de las universidades y de los programas de las agencias públicas, pero todavía las brechas son significativas.

En los apartados 3.1.1 y 3.1.2 se entrega más información sobre las brechas identificadas.

3.1.1. Las brechas y falencias en la formación en Ciencias Básicas y Ciencias de la Ingeniería

En lo que sigue mencionamos las brechas y falencias que ocuparon la primera y segunda representación en las respuestas. Esta limitación está justificada porque en todas las especialidades las respuestas que ocuparon los lugares siguientes corresponden a porcentajes bajos.

Un 38,5% de los ingenieros en Química y Biotecnología menciona falta de experiencia práctica como su mayor limitación en la formación; el grupo de opinión que le sigue señala no reconocer ninguna carencia.

Un 46,7% de los ingenieros Matemáticos no reconoce ninguna limitación en su formación y sólo un 10% menciona la falta de experiencia práctica.

Un 28,7% de los ingenieros Mecánicos menciona falta de experiencia práctica como su mayor limitación en la formación; el grupo de opinión que le sigue (22,2%) no reconoce ninguna carencia.

Un 17,6% de los ingenieros de Minas menciona falta de experiencia práctica como su mayor limitación en la formación; un grupo de opinión de igual tamaño no reconoce ninguna carencia.

Un 38,4% de los ingenieros Eléctricos no reconoce ninguna carencia y un 25% menciona falta de experiencia práctica.

Un 40,7% de los ingenieros Industriales no reconoce ninguna carencia y un 18,3% menciona falta de experiencia práctica.

Un 37,5% de los ingenieros Estructurales-Construcción/Transporte/Hidráulica-Sanitaria-Ambiental no reconoce ninguna carencia y sólo un 16,3% menciona falta de experiencia práctica.

3.1.2. Las brechas y falencias en la formación en Competencias Genéricas

Estas habilidades fueron descritas en la pregunta como "gestión, comunicación en español e inglés, emprendimiento, innovación, etc.". El ítem etcétera dio pie para una amplia panoplia de respuestas de habilidades no consideradas en la pregunta, que incluyó: Administración de Personal, Administración, Ciencias Sociales, Creatividad, Economía, Emprendimiento, Ética, Finanzas, Formación Humanista, Gestión, Investigación, Laboral, Liderazgo, Medioambiente, Mirada de Futuro, Negociación, Normas, RRHH, Trabajo en Equipo, Transferencia Tecnológica y Tributación.

Aunque es difícil concebir una formación de ingenieros que pueda dar satisfacción a una variedad tan amplia de necesidades¹⁶, esto ya está siendo abordado

¹⁶ Esto ya ha sido abordado en los Estados Unidos (EUA), tanto por ABET como por ASEE. De hecho, ABET, institución que realiza la acreditación de escuelas de Ingeniería en EUA y a nivel internacional, ha configurado un currículo para ello.

en los países más avanzados con estrategias formativas centradas en las cuestiones realmente críticas.

Las respuestas acerca de estas brechas, como se puede prever a partir de la lista anterior, tuvieron una dispersión sustancialmente mayor que las relativas a Ciencias Básicas y de la Ingeniería. El Cuadro I.3 muestra los primeros 5 lugares en las brechas señaladas por las respectivas especialidades.

Es fácil concluir que Emprendimiento, Innovación, Administración y Gestión, Inglés y Comunicación constituyen las brechas formativas que los ingenieros sienten con mayor fuerza.

Cuadro I.3. Brechas de formación identificadas en diferentes especialidades de Ingeniería.										
Especialidad	Química y Biotecnología	Matemática	Mecánica	Minas	Electricidad	Industrial	Estruct/Transp/ hidráulica/ sanit/amb			
Brechas	Emprendi- miento	Emprendi- miento	Inglés	Inglés	Emprendi- miento	Inglés	Competencias genéricas			
	Innovación	Innovación	Adm. y gestión	Adm. y gestión	Adm. y gestión	Competencias genéricas	No sabe/no contesta			
	Competencias genéricas	Competencias genéricas	Emprendi- miento	Innovación	Innovación	No sabe/no contesta	Adm. y gestión			
	Inglés	Comunicación	Innovación	Competencias genéricas		Emprendi- miento	Inglés			
	Comunicación	No sabe/no contesta	No sabe/no contesta	Comunicación	Competencias genéricas	Innovación	Emprendi- miento			

Fuente: Encuesta a egresados FCFM, Universidad de Chile, 2013.

3.2. Las respuestas de los ingenieros formados en la Universidad Técnica Federico Santa María

Esta encuesta fue realizada a fines de 2012 a los ingenieros que habían egresado un año antes y a otro grupo con 5 años de egreso.

El objetivo de la encuesta fue, entre otros, conocer el impacto de las variables en la inserción laboral y la situación contractual de los titulados, cuantificar la percepción de las competencias adquiridas, así como la importancia real exigida por las empresas y el mercado laboral.

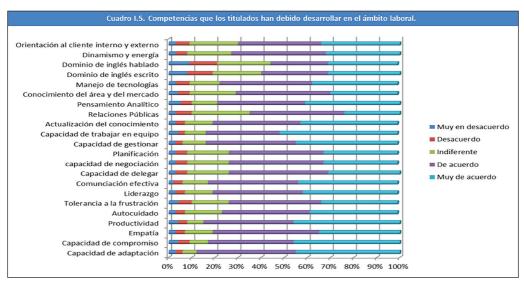
La tasa de empleo de los ingenieros encuestados fue superior al 90% en diversas cohortes, como se muestra en el Cuadro I.4.

Cuadro I.4. Tasa de Empleo de Titulados de UTFSM.								
Origen de la formación en UTFSM	Año	Tasa de Empleo (promedio carreras)	Tasa de empleo + Tasa estudiando Postgrado					
Ingenieros Titulados en Casa Central	2007	93%	97%					
Ingenieros Titulados en Sede Santiago	2007	92%	92%					
Ingenieros Titulados en Casa Central	2011	90%	94%					
Ingenieros Titulados en Sede Santiago	2011	92%	93%					

Fuente: Encuesta a titulados de UTFSM, 2012.

Los ingenieros encuestados consideraron que la formación que recibieron fue buena porque un porcentaje próximo al 90% opinó que la UTFSM forma profesionales con una sólida base técnica y es una universidad de prestigio.

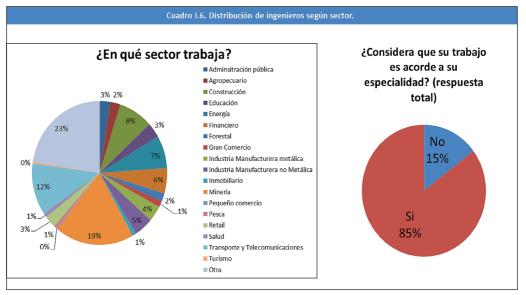
La encuesta también los interrogó sobre las competencias que han debido desarrollar en el mundo laboral. En el Cuadro I.5 se presenta una síntesis de las respuestas.



Fuente: Encuesta a titulados de UTFSM, 2012.

Todas las competencias que han debido desarrollar los titulados muestran la necesidad de un amplio esfuerzo de adaptación al mundo laboral y es justamente la necesidad de esa capacidad de adaptación la que tiene el mayor acuerdo entre los encuestados. Brechas en la capacidad de Gestión, Trabajo en Equipo y Comunicación tienen también un alto grado de acuerdo. En todo esto coinciden con los ingenieros egresados de la Universidad de Chile. Sin embargo, como la encuesta de la UTFSM fue una encuesta cerrada que no incluyó temas de Emprendimiento ni Innovación, no se pudieron pronunciar sobre estos temas.

El sector ocupacional en el que trabajan los ingenieros es una pregunta especialmente interesante, para el objetivo de este informe. En el Cuadro I.6 se presenta una síntesis de la distribución por sectores.



Fuente: Encuesta de UTFSM, respuestas a pregunta: ¿En qué sector trabaja?

Los mayores empleadores son los sectores de minería (19%), transporte y telecomunicaciones (12%) y construcción (8%). El resto de los titulados de la UTFSM se divide en un amplio y diverso margen de áreas empresariales. Un 85% de los titulados considera que su trabajo es acorde a su especialidad. Adviértase que a pesar de la variedad de empleadores identificados, la categoría "otra" es mayoritaria.

En las conclusiones que obtienen quienes prepararon y analizaron esta encuesta se destaca la alta evaluación de la calidad docente, el reconocimiento de la UTFSM como una universidad de prestigio, reconocida por la solidez y exigencia de sus planes de estudio y por sus carreras de índole técnica, pero con una baja en cuanto al reconocimiento de habilidades relacionales en la formación de los ex alumnos.

Las grandes empresas son los mayores contratantes de los ingenieros formados por la UTFSM.

La causa principal de los que no han encontrado empleo ha sido identificada por los afectados como la falta de experiencia.

Respecto de los tipos de cargos a los que acceden estos ingenieros jóvenes, se puede notar una amplia gama de opciones, aunque principalmente en las áreas técnicas. Entre un 5% y un 9% de los ex alumnos se encuentra en un cargo directivo gerencial y la mayor parte de los profesionales que asciende a mejores puestos, lo hace a cargos en donde se reitera su perfil técnico.

4. Conclusiones

A partir de los temas tratados en este capítulo, podemos destacar algunas tendencias en la práctica profesional de la ingeniería en Chile que se presentan en la siguiente síntesis:

- Crecimiento del número de ingenieros aunque no se han superado las brechas respecto de las necesidades del desarrollo del país.
- Proporción dominante de ingenieros jóvenes, algunos de ellos *millenials*.
- Aumento del número de mujeres en la ingeniería, pero todavía existe una significativa brecha por superar. Principalmente por algunos hábitos existentes en esta profesión.
- Demanda por una mejor preparación de los ingenieros en competencias genéricas, en particular sobre el emprendimiento y la innovación.
- Demanda por las habilidades asociadas a la gestión y a la comunicación en la formación de ingenieros.
- Presencia diversificada de ingenieros fuera del campo de la ingeniería.
- Diversificación progresiva de los roles y las especialidades de la ingeniería.
- Internacionalización de la práctica de ingeniería.
- Presencia de las empresas consultoras y de ingeniería de proyectos como unos empleadores importantes, además de las empresas tecnológicas y de diversos servicios.
- Necesidad de aumentar significativamente la calidad en la formación de ingenieros, en particular considerando el crecimiento en el ejercicio de la profesión.
- Necesidad de mayor innovación en la ingeniería para abordar la renovación de las industrias.
- Desafío de abordar con determinación la digitalización de las industrias y la sociedad.
- La necesidad de realizar estudios cuantitativos más profundos y permanentes sobre las poblaciones de estudiantes de Ingeniería y de ingenieros que ejercen la profesión con el fin de apoyar las decisiones en las instituciones y empresas.

Para fundamentar las afirmaciones acerca de la formación y los roles que desempeñan los ingenieros nacionales hemos recogido su opinión sobre la calidad y validez de la formación que recibieron, así como las brechas que perciben en esa formación en relación a sus necesidades laborales de acuerdo a su inserción profesional.

Esta indagación, aunque hubiéramos querido que tuviera una base más extensa, tiene la ventaja de apoyarse en información primaria. Sin embargo, sólo nos indica lo que preocupa a los ingenieros en el aumento de la consulta y no lo que la sociedad les pedirá en el futuro ni tampoco los muchos frentes de ingeniería que son atendidos por ingeniería de fuente extranjera. Por ello, aunque ilumina el camino porque ayuda comprender dónde estamos en la formación de nuestros ingenieros, no es

un faro que nos guíe en los cambios que debemos proponer ni nos indique donde debemos llegar.

Con pocas excepciones, los ingenieros consultados están conformes con su formación y aceptan que ella los habilita adecuadamente para su trabajo, sea éste en la especialidad de la ingeniería que estudiaron o en otro campo, aun fuera del ámbito de la ingeniería. Pero dado que las encuestas se hicieron en un período de casi pleno empleo en ingeniería, la conformidad que manifiestan las percepciones de los ingenieros puede haber estado influida por esa circunstancia. La situación puede ser bastante diferente si ellos deben abordar posiciones laborales más exigentes que las existentes en Chile a la fecha del estudio, o en la creación de nuevas industrias.

Al considerar que la innovación en nuestro país es el camino que debemos seguir para su pleno desarrollo y cuando, muy pronto, debamos abandonar la dependencia de las materias primas para crecer, entonces debemos formar y dotar más intensamente a nuestros ingenieros con las capacidades del diseñador y del emprendedor, lo que hoy ocurre solo en pequeña escala. El diseñador deberá conocer, por ejemplo, las tecnologías digitales en sus diversas expresiones, los nuevos materiales, la nanotecnología, la biotecnología, y no estar limitado por el presente estado de cosas. El emprendedor debe tener el espíritu apropiado para asumir riesgos, estar abierto a la posibilidad permanente de cambios riesgosos, pero también imaginación para sacar provecho de las oportunidades que estos cambios proporcionan.

Algunas brechas relativas a las Competencias Genéricas que los encuestados hacen presente, se refieren a limitaciones para enfrentar las dificultades en la gestión de recursos humanos, en el trabajo en equipo y en comunicación, todo ello en el contexto de una situación de desarrollo de la economía que no difiere de la actual. Su sensibilidad no está completamente abierta a una sociedad con otros valores que demande de ellos otra actitud. Es necesaria una visión del ingeniero como profesional transdisciplinario interactuando con diversas otras profesiones, no sólo para articularse con ellas, sino que para incorporarlas en sus métodos de trabajo.

Los actuales y futuros ingenieros deberán desarrollar la capacidad de innovación, de aplicación exitosa de la ciencia y la tecnología en la solución de los problemas reales y tener muy desarrolladas las habilidades para desenvolverse en contextos internacionales.

El Cuadro I.7 resume de manera esquemática algunas tendencias internacionales de la profesión y las correspondientes tendencias locales.

Cuadro I.7. Tendencias en los roles desempeñados por los ingenieros.							
Tendencias en los roles desempeñados por los ingenieros	En el mundo	En Chile					
Ingeniería de consulta	Se mantiene =	En disminución; reemplazada por ingeniería extranjera ↓					
Diseño en ingeniería	Se mantiene =	Se mantiene =					
Innovación tecnológica	En alza ↑	Se mantiene =					
Organización de ciudades	En alza ↑	Se mantiene = (en un nivel casi inexistente)					
Puertos	En alza ↑	Se mantiene =					
Ingeniería de proyectos	Se mantiene =	En disminución; reemplazada por ingeniería extranjera ↓					
Participación en clusters mineros	Se mantiene =	En alza ↑					
Participación en clusters agroalimentarios		En alza ↑					
Participación en clusters forestales		En alza ↑					
Gestión empresarial	En disminución ↓	Se mantiene =					
Producción de video juegos	En alza ↑	En alza ↑					
Número de ingenieros	En alza ↑	En alza ↑					
Emprendimiento	En alza ↑	En alza ↑					
Interés de los jóvenes por entrar a la profesión de ingeniería	Se mantiene =	En alza ↑					
Desempeño fuera del campo de la ingeniería	En alza ↑	En alza ↑					
Diversificación de los roles desempeñados	En alza ↑	En alza ↑					
Movilidad internacional en el ejercicio de la profesión	En alza ↑	En alza ↑					
Internacionalización de la ingeniería	En alza ↑	En alza ↑ (moderada)					
Habilidades en competencias genéricas	En alza ↑	En alza ↑ (moderada)					
Visión del ingeniero como profesional transdisciplinario	En alza ↑	Se mantiene = (en un bajo nivel)					

Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO II

CARACTERIZACIÓN DE LAS TENDENCIAS INTERNACIONALES EN LA FORMACIÓN DE INGENIEROS

1. Introducción en la perspectiva de las tendencias internacionales

Vivimos en tiempos de rápidos y grandes cambios, una sociedad progresivamente global, conducida por el crecimiento exponencial del conocimiento y la rapidez de los flujos de información, potenciados por las tecnologías de comunicaciones. Son tiempos de retos para las sociedades, con una población humana que se encuentra en continuo aumento y que enfrenta el desafío de la sustentabilidad, especialmente en los recursos de agua, energía, biodiversidad y salud.

Las economías proyectadas a nivel global, con la concepción de mercados libres y tensiones geopolíticas, la disparidad de riquezas, la seguridad de las naciones, requieren de mejores e innovadoras tecnologías. Tecnologías que se focalicen en la calidad de vida de la población con sus diversas características laborales y de ocio. Son tiempos de retos para la ingeniería y la formación de ingenieros¹⁷.

Las temáticas abordadas en este informe develan, de manera general, las tendencias y las exigencias en la formación de los futuros ingenieros. Los acontecimientos y datos presentados han sido extraídos de distintas fuentes que abordan los temas internacionales como: OCDE, ABET (Accreditation Board for Engineering and Technology), Tuning, Marco Europeo de Cualificaciones, CINDA y otras.

Este capítulo se ha estructurado considerando conceptualizaciones de las temáticas y breves contextualizaciones de los elementos analizados: organización general de las carreras de Ingeniería (sección 2); perfiles de egreso y pertinencia (sección 3); currículum y competencias (sección 4); organización curricular (sección 5); metodologías y recursos de enseñanza-aprendizaje (sección 6); educación en línea (sección 7); articulación con I+D e innovación (sección 8); vinculación con el medio y articulación con emprendimiento (sección 9); número de ingenieros (sección 10); retención, progresión y titulación (sección 11); roles de docentes y estudiantes (sección 12); internacionalización (sección 13); finalmente, en la sección 14 se plantean las conclusiones para el caso chileno, que se articulan con algunos de los plantea-

¹⁷ Augustine, 2005; Duderstadt, 2005; Clough, 2004, 2005; Sheppard, 2008; NSB 2003, 2007.

mientos hechos en el Programa Ingeniería 2030 de CORFO y en otras iniciativas de MECESUP.

2. Organización general de las carreras de Ingeniería

Desde la perspectiva legal, a continuación se plantean temas relevantes de la organización sobre las carreras de Ingeniería: tipos de carreras (2.1); otorgamiento de título profesional (2.2); duración de carreras (2.3).

2.1. Tipos de carreras de Ingeniería

En la dinámica internacional se destacan tres tipos de carreras de Ingeniería: Engineering (Engineer) según el Acuerdo de Washington, Engineering Technology (Engineering Technologist) según el Acuerdo de Sydney y Engineering Technician según el Acuerdo de Dublín.

Estas categorías están caracterizadas por sus competencias distintivas y por sus niveles de responsabilidad en la sociedad, lo cual está representado en los tres acuerdos internacionales:

- Acuerdo de Washington sobre el reconocimiento mutuo de los programas acreditados en la categoría de Ingeniero.
- Acuerdo de Sydney sobre el reconocimiento mutuo de los programas acreditados en la categoría de Ingeniero Tecnólogo.
- Acuerdo de Dublín sobre el reconocimiento mutuo de los programas acreditados en la categoría de Ingeniero Técnico.

Los alcances de estos acuerdos consideran los hitos en la progresión desde la formación de ingenieros hacia el ejercicio profesional:

- El egreso desde el programa respectivo.
- La obtención del título profesional.
- El registro profesional internacional.

Asimismo, los acuerdos abordan los siguientes aspectos:

- Atributos de graduación de los programas acreditados.
- Reconocimiento entre las jurisdicciones diferentes para el ejercicio de la profesión.
- Bases para el reconocimiento de equivalencias entre programas (equivalencia sustancial: cuando dos programas diferentes sí preparan a las personas para entrar a un determinado registro profesional).

2.2. Otorgamiento de título profesional

Con el desarrollo de la educación superior en el mundo, las tendencias hacen evidente que los títulos son entregados progresivamente por entidades diferentes a las universidades. Por ejemplo, en EUA y Canadá.

La homologación de títulos entre países es una tendencia internacional en el ámbito de Ingeniería; en particular en la Unión Europea, en la comunidad APEC y otras comunidades.

2.3. Duración de las carreras

En la Declaración de Bolonia (1999) se postuló crear un ciclo corto para la formación profesional (en general, 4 años) conduciendo a un grado Bachelor, y otro largo para obtener un Máster. Esto ha propiciado una armonización de la diversidad de la educación en ingeniería en Europa.

El otorgamiento del título de ingeniero implica usualmente al menos 1 año más de estudios y trabajos por sobre la formación académica básica.

De esta manera, una estructura típica de ciclos de formación en el ámbito de ingeniería es 4+1+1(2) años para obtener respectivamente los grados de bachelor y máster y el título profesional.

Típicamente, el doctorado tiene una duración de 3 años adicionales.

3. Perfiles de egreso y pertinencia

El perfil de egreso se considera como el medio que articula la formación de ingenieros con el tipo de carreras y su pertinencia con las necesidades de la sociedad.

En la experiencia internacional sobre perfiles de egreso se observan dos dinámicas concurrentes: la consideración del contexto (3.1); la definición del perfil de egreso (3.2).

3.1. Contextualización de perfiles de egreso

Los cambios que experimentan las sociedades actuales demandan a las instituciones de educación superior la realización de renovaciones significativas en sus currículos, para abordar mercados globalizados y diversas necesidades de las poblaciones.

La ingeniería es una actividad clave de innovación en las sociedades, lo que se articula intensamente con los avances en ciencias y tecnología¹⁸.

¹⁸ National Science Foundation. http://www.nsf.gov

En este contexto se han venido realizando modificaciones y actualizaciones en las escuelas de Ingeniería de los países desarrollados y emergentes. Basados en la Declaración de Bolonia (1999), casi todos los países miembros de la Unión Europea (UE) han configurado un espacio europeo de educación superior, ya verificable en el año 2010, especialmente en ingeniería. En el Capítulo IV se aborda este tema en más profundidad.

En la experiencia internacional se considera que los perfiles de egreso aseguran la pertinencia de las carreras de Ingeniería en relación a las necesidades de la sociedad.

Aunque existen varias definiciones del concepto de perfil de egreso, hay consenso en manifestar que es el conjunto de competencias que utilizará el egresado en contextos de demanda de la sociedad.

Por ejemplo, Roxana Pey¹⁹ plantea: perfil de egreso es la descripción de las características de los graduados y titulados de las distintas carreras y programas. Se espera que dicha descripción se desarrolle en competencias considerando las demandas de la sociedad actual. Por su parte, Le Boterf ²⁰, define una competencia como el conjunto de conocimientos, actitudes y destrezas necesarias para desempeñar una función. Asimismo, en otro estudio se menciona que son atributos que articulan e integran capacidades, habilidades, hábitos, destrezas y conocimientos, aplicados en un entorno concreto que son las situaciones profesionales. (CINDA, 2004).

3.2. Perfiles de egreso en Ingeniería

Varias organizaciones internacionales han establecido criterios y orientaciones para los perfiles de egreso en ingeniería, que tienen muchos elementos comunes. Entre ellas destacan las propuestas y orientaciones de ABET y ASEE.

ABET (Accreditation Board for Engineering and Technology de Estados Unidos) ha establecido los criterios (Criteria, 2002-2003; ABET, 2001) para la acreditación de programas de ingeniería a nivel de licenciatura²¹, especificando los resultados de aprendizaje y las competencias que deben tener los egresados de los programas de ingeniería según se presenta en el Cuadro II.1.

¹⁹ Roxana Pey T., Sara Chauriye B. Seminario Internacional. "El Sistema de Créditos Transferibles (SCT) y los Desafíos de la Innovación y Armonización Curricular en la Formación de Pregrado". Pucón, 31 de agosto - 2 de septiembre, 2011.

²⁰ Le Boterf, G. Gestión de las competencias. Barcelona. Gestión 2002.

²¹ http://www.abet.org ABET (2001). Criteria for Accrediting Engineering Programs, 2002-2003.

Cuadro II.1. Criterios de Ingeniería 2000 establecidos por ABET.

Los criterios generales comprenden:

Los estudiantes, los objetivos educativos del programa, las competencias de egreso, el mejoramiento continuo, el currículo, los profesores, las instalaciones y el apoyo institucional.

Los criterios (competencias) específicos son:

- Capacidad para aplicar conocimientos de matemáticas, ciencias e ingeniería.
- Capacidad para diseñar y llevar adelante experimentos, y para analizar e interpretar datos.
- Capacidad para diseñar un sistema, componente o proceso para satisfacer necesidades con restricciones realistas, tales como económicas, ambientales, sociales, políticas, éticas, de salud y seguridad, de factibilidad y de mantenibilidad.
- Capacidad para desempeñarse en equipos multidisciplinarios.
- Capacidad para identificar, formular y resolver problemas de ingeniería.
- Comprensión de la responsabilidad profesional y ética.
- Capacidad para comunicarse eficazmente.
- Capacidad para entender el impacto de las soluciones ingenieriles en un contexto social, ambiental, económico y global.
- Reconocimiento de la necesidad y capacidad para involucrarse en el aprendizaje a lo largo de la vida.
- Conocimiento de los temas contemporáneos.
- Capacidad para usar las técnicas, habilidades y herramientas de la ingeniería moderna necesarias para la práctica de la ingeniería.

Fuente: ABET Engineering Criteria.

Asimismo, ASEE²² ha propuesto las orientaciones para la formación del ingeniero global, que se expone en el Cuadro I.2. del Capítulo I de este Informe.

4. Currículum y competencias

Para abordar y cumplir los perfiles de egreso, las instituciones de diversos países han propuesto los currículum que consideran más adecuados. Lo mismo han hecho organizaciones que integran esfuerzos de varias instituciones. Entre ellos se encuentra el currículum CDIO, según se expone en apartado 4.2.

Los currículos de las universidades de avanzada presentan continuos cambios incrementales, con lo que acumulan cambios significativos en el tiempo. Estos cambios se originan en retroalimentaciones desde el mercado laboral y de las tendencias en Ingeniería; en significativos avances científicos y tecnológicos; en las recomendaciones de organizaciones como CDIO, ABET, ASEE, organizaciones de Unión Europea, OECD – AHELO y otras.

²² American Society of Engineering Education, ASEE.

Las universidades que han abordado cambios mayores, usualmente lo han hecho como consecuencia de factores como los siguientes: crisis externas (por ejemplo, baja admisión); fuerte liderazgo interno; respuesta a exigencias de organismos reguladores (por ejemplo, acreditación con nuevos estándares).

Estos cambios, en general, se han orientado a introducir: los resultados de aprendizajes; más intensidad en los ámbitos de ingeniería; aumento de la innovación; más competencias sociales de los estudiantes y egresados.

La Matemática y las Ciencias continúan teniendo los roles más claros e importantes en los currículos de Ingeniería. Pero, ha evolucionado el contenido de lo que se enseña, entrando temas nuevos y saliendo otros. Los cambios curriculares están principalmente orientados a la actualización de acuerdo a los avances de la I+D e innovación y a la contextualización de la Matemática y de la Ciencia respecto de su uso en ingeniería. Y, muy principalmente, en lo que respecta a gestión, trabajo en equipo, comunicaciones sociales y otras competencias genéricas.

Muchos currículums se organizan utilizando la formación basada en competencias, con criterios como los que se exponen en el apartado 4.1. Un componente relevante es la aplicación y la demostración, lo cual se realiza por ejemplo a través de los *Capstone Project* que se plantean en el apartado 4.3.

En algunos países, por ejemplo EUA, existe la idea de que la renovación curricular debería ser más rápida, pues los resultados obtenidos hasta 2015 son todavía insuficientes respecto de las necesidades de la sociedad.

Esto ha puesto una presión en hacer más fuerte la participación de directivos y académicos, para que sean más efectivas las renovaciones curriculares.

4.1. Formación en competencias

4.1.1. Contextualización de la formación por competencias

La formación en competencias remite a uno de los proyectos más importantes en la educación superior en Europa y que se ha ido expandiendo en el mundo. Es el proyecto denominado Tuning Educational Structures in Europe²³, siendo su objetivo "afinar las estructuras educativas de Europa". Este proyecto surgió en un contexto de reflexión sobre la educación superior, entre ministros representantes del Reino Unido, Francia, Italia y Alemania, reunidos en la Universidad de la Sorbona. Ellos concluyen que, ante los cambios en el ámbito educativo y laboral que conlleva a la diversificación de carreras profesionales, las universidades tienen la obligación de proporcionar a los estudiantes y a la sociedad un sistema de educación superior que ofrezca las mejores oportunidades para buscar y encontrar su propio ámbito de excelencia.

²³ http://tuning.unideusto.org/tuningal/index.php

Este *Espacio Europeo de Educación Superior*, tiene como sus ejes centrales: la calidad, la movilidad, la diversidad y la competitividad en educación, con la finalidad de incrementar el empleo en la Unión Europea y promover el sistema europeo de formación por competencias.

Desde el año 2000, un grupo de universidades trabaja de manera colectiva en la formación y evaluación del proyecto Tuning, en el cual se plantean cuatro líneas de acción:

- ✓ Competencias genéricas.
- ✓ Competencias específicas de las áreas temáticas.
- ✓ Sistema de transferencia y acumulación de créditos (ECTS).
- ✓ Enfoque de aprendizaje, de enseñanza y de evaluación en relación con el aseguramiento de calidad (Tuning, 2006).

Más antecedentes sobre este tema se presentan en el Capítulo IV.

4.1.2. Conceptualización de competencias

La formación en competencias entendida como: "una combinación entre destrezas, habilidades y conocimiento necesarios para desempeñar una tarea específica" (Department of Education, 2001)²⁴ plantea el desafío de asegurar el aprendizaje de estas competencias, la evaluación de ellas y la documentación de los logros respectivos.

En la Fig. II.1 se plantea un esquema que articula el proceso de formación de las competencias en etapas sucesivas desde la base: rasgos y características; destrezas y habilidades; competencias; demostraciones.



Fuente: Department of Education, Estados Unidos, 2001.

²⁴ www.cinda.cl "Diseño Curricular Basado en Competencias y Aseguramiento de la Calidad en la Educación Superior". 2008.

Por tanto, el fundamento lo constituyen los propios individuos que con las experiencias de aprendizaje, vivenciando dichos aprendizajes e interrelacionando los contenidos, logran integrar nuevos conocimientos y desarrollar competencias que posteriormente pueden desempeñar en los contextos laborales.

4.1.3. Formación de competencias para la ingeniería

Los requerimientos de competencias para el futuro ingeniero son los que cada institución define, basada en los referentes internacionales considerados, y en las necesidades de los contextos social, político y económico en torno a la institución.

- ✓ Soporte sólido en innovación.
- ✓ Apreciación de la creatividad en una economía basada en el conocimiento.
- ✓ Investigación y desarrollo críticos para la prosperidad, la seguridad y el bienestar social.
- ✓ Innovación, espíritu emprendedor e ingeniería global.
- ✓ Aprendizaje permanente²⁵.

4.2. Currículum CDIO

4.2.1. Contextualización del Currículum CDIO²⁶

Algunas escuelas de ingeniería, líderes en el mundo, han constituido un grupo colaborativo para concebir y desarrollar una nueva visión de la educación en ingeniería: la iniciativa CDIO.

Esta colaboración internacional surgió en el año 2000 para mejorar la educación de pregrado en Ingeniería en instituciones de Suecia, Estados Unidos y otros países. Se realizó con el apoyo de la Knut and Alice Wallenberg Foundation of Sweden, de la Chalmers University of Technology, del Royal Institute of Technology, Linköping University (Universidades Suecas) y de Massachusetts Institute of Technology de los Estados Unidos.

4.2.2. Conceptualización del Currículum CDIO

La estrategia CDIO aborda el aprendizaje necesario para los procesos de hacer ingeniería y se representa en las funciones: Concebir, Diseñar, Implementar y Operar sistemas, productos y procesos del mundo real.

²⁵ Burkart Sellin. Propuesta para un Marco Europeo de Cualificaciones: posibilidades y límites de su aplicación en la realidad. 2006.

²⁶ www.cdio.org

El currículo CDIO contiene tres objetivos globales que están orientados a educar a los estudiantes para que:

- Dominen en profundidad el conocimiento de los fundamentos técnicos necesarios para su desempeño profesional.
- Sean líderes en la creación y operación de nuevos productos y sistemas.
- Entiendan la importancia y el valor estratégico de su futuro trabajo de investigación y desarrollo.

Las competencias y los resultados de aprendizajes a través del currículo CDIO se pueden observar en el Cuadro II.2.

Cuadro II.2. Iniciativa CDIO.

Objetivos

La iniciativa CDIO pretende proporcionar a los alumnos una formación que ponga énfasis en los fundamentos de la ingeniería, enmarcándolos en el contexto de las funciones críticas de Concebir – Diseñar – Implementar – Operar sistemas, productos y servicios del mundo real.

La Iniciativa CDIO tiene tres objetivos generales para formar alumnos que sean capaces de:

- Dominar con profundidad el conocimiento de los fundamentos técnicos.
- Ser líderes en la creación y la operación de nuevos productos y sistemas.
- Comprender la importancia y el impacto estratégico de la investigación y del desarrollo tecnológico en la sociedad.

Recursos

La Iniciativa CDIO genera y proporciona una serie de recursos que cada programa de estudio puede adaptar e implementar para alcanzar estos objetivos. Estos recursos promueven y se basan en un currículo organizado alrededor de disciplinas que se apoyan unas a otras y que están entrelazadas con experiencias de aprendizaje relacionadas con habilidades personales e interpersonales y con habilidades de construcción de productos, procesos y sistemas. Basados en esto, los alumnos reciben una educación rica en experiencias del ciclo que va desde el diseño a la implementación, con un aprendizaje activo y experiencial. Este aprendizaje tiene lugar tanto en la sala de clases como en los espacios de trabajo y de aprendizaje de diverso tipo.

Syllabus

El conocimiento, las habilidades y las actitudes que se esperan como resultados de la formación en ingeniería –esto es, los resultados de aprendizajes– están codificados en el Syllabus CDIO.

Estos expresan lo que los alumnos deben saber y ser capaces de hacer al finalizar el programa de ingeniería y se organizan en:

Continuación Cuadro II.2.

- Sección 1: Conocimiento y razonamiento disciplinario.

Comprende: conocimientos de matemáticas y de ciencias básicas; conocimientos básicos de los fundamentos de la ingeniería; conocimientos avanzados de los fundamentos, métodos y herramientas de la ingeniería.

- Sección 2: Habilidades y atributos personales y profesionales.

Comprende: razonamiento analítico y resolución de problemas; experimentación; investigación y descubrimiento del conocimiento; pensamiento sistémico; actitudes; pensamiento y aprendizaje; ética; equidad y otras responsabilidades.

- -Sección 3: Habilidades interpersonales; trabajo en equipo y comunicación.
- Comprende: trabajo en equipo; el liderazgo; la comunicación en el idioma propio y la comunicación en idiomas extranjeros.
- <u>Sección 4</u>: Concebir, diseñar, implementar y operar sistemas, productos y procesos en el contexto de la empresa, de la sociedad y del medio ambiente el proceso de innovación.

Comprende: contexto externo, social y ambiental, contexto de la empresa y de negocios; concebir; diseñar, implementar y operar ingeniería y gestión de sistemas. Además, liderazgo y emprendimiento.

Estándares

La Iniciativa CDIO adoptó 12 estándares que definen los rasgos que permiten distinguir un programa CDIO. Ellos sirven como directrices para la renovación y la evaluación de programas educacionales, generan puntos de referencia y unas metas que pueden aplicarse internacionalmente proporcionando un marco para la mejora continua. Estos estándares abordan la filosofía del programa, el desarrollo del currículo, las experiencias del ciclo diseño - implementación, los espacios de trabajo, los métodos de enseñanza y aprendizaje, el desarrollo docente, y la evaluación. Cada estándar se presenta con una descripción, una fundamentación y una rúbrica.

Fuente: www.cdio.org

Desde el nacimiento de la Iniciativa CDIO se han venido realizando renovaciones curriculares basadas en este currículum y en sus estrategias, en diversas universidades. En los cuadros II.3 y II.4 se presentan ejemplos que ilustran el tipo de transformaciones y parte de sus primeros resultados.

Cuadro II.3. Implementación de CDIO en Universidad en Estados Unidos: Arizona State University.

Iniciativa:

"Transformación de Ingeniería en la Universidad Estatal de Arizona".

Durante 2008 y principios de 2009, el Equipo de Liderazgo de Ingeniería realizó una transformación de 10 departamentos tradicionales en 5 escuelas nuevas transdisciplinarias.

Continuación Cuadro II.3.

Antiguas Escuelas: 10 departamentos existentes antes de junio de 2009:

- · Bioingeniería.
- Informática Biomédica.
- Ingeniería Química.
- Ingeniería Civil.
- Ingeniería Ambiental y Sustentabilidad.
- Computación e Informática.
- · Construcción.
- Ingeniería Eléctrica, Industrial, Sistemas, Ingeniería y Operaciones.
- Escuela de Materiales.
- Ingeniería Mecánica y Aeroespacial.

Escuelas Transdisciplinarias: Cinco nuevas escuelas a partir del 1 de junio de 2009 con Licenciaturas:

- Biología e Ingeniería de Sistemas de Salud: Lic. Ingeniería Biomédica.
- Ingeniería Sostenible y Medio Ambiente Construido. Lic. Ingeniería Civil, Ambiental y Sostenible, Ingeniería de la Construcción y Gestión de la Construcción.
- Computación, Informática y Sistemas de Decisión en Ingeniería. Lic. Informática, Ingeniería de Sistemas, Ingeniería Industrial, Informática.
- Electricidad e Ingeniería en Energía. Lic. Ingeniería Eléctrica, Certificado de Ingeniería Nuclear.
- Ciencia e Ingeniería Multiescala. Lic. Ciencia de Materiales e Ingeniería, Ingeniería Mecánica, Ingeniería Aeroespacial, Ingeniería Química.

Resultados:

- La transformación de la Facultad de Ingeniería es un proceso que implicó el establecimiento del mejoramiento continuo, para satisfacer las ambiciosas metas cuantitativas.
- El benchmarking se constituyó en un instrumento del nuevo diseño organizativo de Ingeniería.
- Se implementó un programa de prácticas empresariales con conceptos CDIO.
- La estructura administrativa de Ingeniería se ha simplificado en algunos aspectos y se ha hecho más sofisticada en otros en que era necesario. Esto es un nuevo balance en gestión.
- El nuevo equipo de liderazgo de alto nivel es más pequeño y más ágil que el anterior (5 directores de escuela ahora, en lugar de los 10 directores de unidades).
- Más énfasis se ha logrado ahora en la calidad de los programas de pregrado, la admisión y la retención de estudiantes.
- Ahorro de costos recurrentes totales como consecuencia de la restructuración, estimada en alrededor de U\$800 mil dólares por año.
- Compromiso del Presidente y del Rector para contratar a 25 nuevos académicos en el período 2009-2010, al considerar el aumento de calidad y efectividad de los programas.
- Los comités de búsqueda de profesores están más orientados desde entonces a buscar académicos interdisciplinarios en lugar de sólo los especialistas en las disciplinas de Ingeniería.
- Creación de equipos para abordar grandes desafíos en Ingeniería.

Fuente: http://engineering.asu.edu

El currículum CDIO ha tenido un importante despliegue a nivel internacional en la última década, en particular teniendo presente que su adopción es voluntaria por las universidades.

Cuadro II.4. Implementación de CDIO en Universidad de Australia: Deakin University, Australia.

Iniciativa:

"Investigación sobre la adopción de CDIO en la educación en línea de pregrado en Ingeniería. School of Engineering and Information Technology, Faculty of Science and Technology, Deakin University, Australia".

- Primer año: Diseño e implementación de módulo "Introducción a la Ingeniería". (CDIO Standard Nº 04). Contenidos: Ilustrar las responsabilidades de los ingenieros profesionales y de las personas con quienes interactúan y cuan disciplinario es el conocimiento aplicado.
- Creación de dos cursos de diseño asistido por computador (3D).
- Diseño de problemas que se enfocan en el desarrollo de conocimientos y habilidades en las áreas de interés.
- En Liverpool: Se ha desarrollado un módulo de Ingeniería para reflexionar. Considera 150 horas al semestre. El módulo está estructurado en un equipo de prueba.
- Los módulos están estructurados y programados para entregar un aprendizaje integrado y experiencial.
- En ellos están los elementos claves del aprendizaje activo (experiencias educativas).

Resultados:

- Uso eficaz de los recursos. En particular para los estudiantes, al no requerir viajes para asistir a los talleres del campus.
- Facilitación del cumplimiento de las metas de CDIO para los estudiantes y la institución, con el uso aumentado de la tecnología.
- La planta docente requirió desarrollar habilidades educativas y metodologías para potenciar la pedagogía activa.
- La distancia no resultó una limitante, pero sí lo fue la experticia de educación en CDIO y el desarrollo de los respectivos programas CDIO.

Fuente: Innovation, Good Practice and Research in Engineering Education EE2008.

4.3. Capstone Projects

Es una tendencia internacional disponer de métodos poderosos para verificar cumplimientos de resultados de aprendizaje, competencias y currículum.

El *Capstone Project* es una de esas modalidades que hace posible la integración y la aplicación de aprendizajes por los estudiantes quienes, con el apoyo de la Universidad, desarrollan un proyecto al interior de una empresa, solucionando requerimientos reales de ésta. En el Cuadro II.5 se expone su concepto y sus características principales.

Para que el Capstone Project sea exitoso se debe cumplir lo siguiente:

- Una muy buena coordinación entre la empresa y la universidad.
- Una preparación adecuada para determinar, en conjunto con la empresa, los posibles proyectos y su acotación para una buena selección de ellos.

- Un buen análisis con la empresa de las alternativas de solución del proyecto seleccionado y ver la factibilidad de desarrollarlo en el tiempo disponible para ello.

Los estudiantes logran los siguientes beneficios a través del Capstone Project:

- Una experiencia práctica y útil en una empresa o institución, que les permite valorar la preparación en la universidad y visualizar lo que sería su futuro desempeño laboral.
- El acceso a la posibilidad de trabajo futuro, al mostrar sus competencias e intereses.
- Darse a conocer más ampliamente en diferentes instancias con la presentación del proyecto, no sólo en la empresa sino que, por ejemplo, en una Feria, mediante un póster, en foros, etc.

Durante el desarrollo del *Capstone Project*, los estudiantes deben hacer presentaciones frecuentes sobre su avance, a los profesores de la universidad y a los profesionales a cargo en la empresa, quienes deben deliberar sobre el desempeño de los estudiantes y las eventuales medidas correctivas.

Cuadro II.5. Concepto del Capstone Project.

Capstone Project es una actividad multifacética que sirve como experiencia académica e intelectual de finalización en la formación de los estudiantes, por lo general, durante su último año de carrera. También, ésta se denomina experiencia de culminación o exhibición de alto nivel, entre otros términos, un proyecto final. Los proyectos de culminación pueden tomar una amplia variedad de formas de proyectos de investigación y desarrollo, y de ingeniería que sintetizan en un producto final.

Los *Capstone Project* están diseñados para incentivar a los estudiantes a pensar críticamente, resolver problemas complejos y desarrollar habilidades como la comunicación oral y escrita, realizar investigación y desarrollo, trabajar en equipos multidisciplinarios, realizar planificación, gestionar el autoaprendizaje, entre otras. Es decir, habilidades que le ayudarán a prepararse para el mundo real.

La metodología *Capstone Project* permite considerar muchas aplicaciones y diversos factores, los que pueden incluirse en su totalidad o parcialmente, tales como:

- Finalidad de ser la actividad culminante en la formación de un profesional y que se lleva a cabo de manera grupal.
- Dirección del curso realizada por un equipo de académicos y también por profesionales de la empresa privada o pública. Estos profesionales supervisan y participan en la evaluación. En ésta también pueden colaborar otros profesionales que no participan directamente en la supervisión.
- Foco en la solución de un problema complejo descrito mediante parámetros reales, similar a la realidad o eventualmente tratarse de una situación real.

Continuación Cuadro II.5.

- El problema a resolver por parte de un grupo de estudiantes puede ser determinado por los profesores, ser propuesto por los estudiantes o ser propuesto por un auspiciador (usualmente una empresa) privado o público. Generalmente el proyecto se relaciona con una institución, la comunidad o una empresa independiente de la universidad.
- La solución del problema involucra la utilización de competencias y conocimientos claves de la formación profesional y desarrollar las capacidades de aplicación de éstas.
- La evaluación es multidimensional y se realiza tanto en base a reportes escritos como a presentaciones orales.
- La retroalimentación hacia los estudiantes usualmente es intensiva; tanto de parte de los académicos como de los profesionales externos.
- Son actividades académicas de alta dedicación en tiempo y pueden durar un semestre académico o eventualmente abarcar dos semestres académicos.

Fuente: Adaptación y complementación de Education Glossary, American Education Reform, 2016, www. edglossary.org

5. Organización curricular

La organización del currículum de las carreras de Ingeniería en las universidades de los países desarrollados se ha venido realizando con algunos estándares y criterios bien establecidos. Entre ellos destacan: los ciclos de formación (5.1); los marcos de cualificaciones (5.2); los sistemas de créditos transferibles (5.3); la articulación de carreras (5.4).

5.1. Ciclos de formación

La tendencia internacional que prevalece en varios países desarrollados y emergentes es la estructura de ciclos formativos del tipo: 4+2+3 años correspondiente a los grados académicos de licenciatura, máster, doctorado.

Los ciclos de los procesos formativos dependen de las normas y culturas vigentes en cada país, existiendo algunas variaciones de hasta 1 año respecto del ciclo formativo predominante a nivel internacional en Ingeniería, que es de 4 años para el grado académico básico (bachiller). Las señales indican que se proyecta una coherencia internacional en torno a 4 años respecto del grado académico básico (licenciatura).

Como se ha señalado antes, el otorgamiento del Título Profesional de Ingeniero requiere una dedicación adicional (en general, de 1 año) y un tiempo de ejercicio profesional efectivo.

5.2. Marcos de cualificaciones

La Unión Europea ha desarrollado un Marco de Cualificaciones para armonizar los

currículos de los diversos grados académicos y de las carreras. Con esto se ha generado un ordenamiento en el Espacio Europeo de Educación Superior en el cual la ingeniería ha tenido un protagonismo valioso.

De esta manera, se ha impulsado una tendencia de establecimiento de marcos de cualificaciones nacionales y su consiguiente alineamiento internacional. En particular por medio de acuerdos que buscan aumentar la calidad y eficiencia de los sistemas de educación superior en la formación de profesionales.

En esta dinámica internacional que se proyecta en varios países, Australia desarrolló su política de Marcos de Cualificaciones, constituyéndose en uno de los países líderes en su implementación y uso en Educación Superior.

La experiencia en los países desarrollados muestra la contribución positiva de este instrumento que es tanto de carácter académico como de política pública en educación.

Las características principales de los marcos de cualificaciones aplicados a Ingeniería son:

Objetivos

- ✓ Articular y dar coherencia a los diferentes objetivos y tipos de formación (pregrado y postgrado) y de capacitación (educación continua).
- ✓ Contribuir a mejorar el desempeño de la economía del país, al aumentar la pertinencia de las formaciones profesionales.
- ✓ Hacer viable la evolución de los aprendizajes a través del ciclo de vida de las personas, en particular porque soporta la articulación de los logros de aprendizaje, las carreras, los diplomas y los diversos conocimientos y competencias adquiridas por las personas.
- ✓ Facilitar la movilidad nacional e internacional de los estudiantes y profesionales.
- ✓ Potenciar los sistemas de aseguramiento de calidad del país respectivo en la formación de profesionales.
- ✓ Habilitar el alineamiento internacional de la formación de profesionales.

• Componentes principales

- ✓ Tipos y niveles de cualificaciones. Los niveles consideran desde las técnicas hasta los doctorados.
- ✓ Resultados de aprendizajes para cada tipo y nivel de cualificación.
- ✓ Especificaciones y estándares de las cualificaciones por lograr.
- ✓ Estándares y políticas para las trayectorias educacionales basadas en las cualificaciones.
- ✓ Criterios y políticas para la acreditación usando cualificaciones.
- ✓ Sistemas de autorización y registro de las cualificaciones.

Los marcos de cualificaciones hacen posible aumentar la calidad y efectividad de la formación de ingenieros, tanto por la coherencia en el ámbito de ingeniería como en su articulación con carreras técnicas y profesionales.

5.3. Sistema de créditos transferibles

En general, y en forma articulada con los marcos de cualificaciones, se han venido implementando los sistemas de créditos transferibles. Estos sistemas habilitan el reconocimiento de los créditos adquiridos por los estudiantes y su portabilidad al interior de cada institución (por ejemplo, entre diversas carreras) y entre instituciones. Existen métricas, estándares y sistemas de registro de los créditos transferibles y unas convenciones internacionales que los definen.

En particular la Unión Europea ha creado el Sistema ECTS que es uno de los más desarrollados y masivos.

5.4. Articulación de carreras

Los sistemas de educación superior de los países desarrollados y emergentes están promoviendo activamente la articulación de las carreras de Ingeniería al menos en dos planos.

• Articulación de ingeniería con otras disciplinas

Esta tendencia se originó en la articulación entre las propias carreras de Ingeniería. Por ejemplo, mecánica con electricidad y de éstas con ciencias de la computación. Luego se ha venido expandiendo a otros tipos de ámbitos como arquitectura, urbanismo, biología, ciencias sociales.

• Articulación de pregrado con postgrado en ingeniería

La carreras de Ingeniería se articulan con postgrados y diplomados²⁷. La articulación en ingeniería está dándose con una línea académica de maestrías y doctorados, así como con una línea profesional en los dos grados. También entre grados de Ingeniería y los grados de maestrías del área de negocios de otras áreas como salud.

²⁷ http://www.nsf.gov/

6. Metodologías y recursos de enseñanza-aprendizaje

Las universidades de avanzada están dando alta relevancia a los métodos y sistemas de enseñanza-aprendizaje, lo cual es una tendencia internacional generalizada e intensa.

Esto se fundamenta en que muchos de esos métodos y sistemas representan conocimientos pedagógicos sistematizados en ciencias e ingeniería, reflejando la experiencia de profesores destacados (como es el caso de *flip teaching*) que han logrado altos desempeños de sus estudiantes.

En los países desarrollados, la Ingeniería se ha constituido en un ámbito de innovación de las universidades en lo que respecta a metodologías de enseñanza-aprendizaje.

A continuación se exponen algunas de tales metodologías (6.1) como de recursos de aprendizaje (6.2).

6.1. Metodologías de enseñanza-aprendizaje en ingeniería

En los últimos 20 años se ha producido una ampliación de las metodologías de enseñanza-aprendizaje en ingeniería. Entre ellas destacan:

- Aprendizaje activo (Active Learning); que se aplica en diversas modalidades.
- Aprendizaje basado en desafíos o problemas.
- Aprendizaje colaborativo.
- Aprendizaje basado en proyectos.
- Enseñanza invertida (Flip Teaching).
- Aprendizaje adaptativo (Adaptive Learning).

Para la implementación de estas y otras metodologías se ha desarrollado una serie de recursos, algunos de los cuales se presentan en el apartado 6.2.

6.1.1. Aprendizaje basado en desafíos o en problemas28

Contextualización del Método Didáctico ABP

El ABP tutorial es una innovación de la Universidad de McMaster de Canadá, que se inicia a comienzos de los años 70.

La enseñanza y el aprendizaje se basa en la discusión y solución de problemas de la práctica profesional. Tiene como antecedente el enfoque general de solución

²⁸ Dr. Luis Branda. "Aprendizaje basado en problemas, centrado en el estudiante, orientado a la comunidad". Universidad McMaster. Canadá.

de problemas de algunos autores como Rossman, Dewey, Osborn, Nerrifield, Simberg y otros (Imideo Nerici, 1985).

• Conceptualización del Método Didáctico ABP

El ABP es un método didáctico²⁹, que cae en el dominio de las pedagogías que promueven el aprendizaje activo. Mediante este método didáctico, el proceso de enseñanza-aprendizaje se realiza por descubrimiento y construcción. El estudiante es quien se apropia del proceso, busca la información, la selecciona, organiza e intenta resolver con ella los problemas enfrentados.

Los objetivos que presenta el ABP, en los estudiantes, son el desarrollo de habilidades del pensamiento como: categorizar, contrastar y comparar. Además, busca la activación de los procesos cognitivos, como utilizar y relacionar conceptos previos.

Finalmente, el estudiante es capaz de realizar transferencia de las metodologías de acción intelectual como formular hipótesis y tratar de probarlas, buscando nuevo conocimiento o confirmar lo conocido.

6.1.2. Aprendizaje colaborativo

• Contextualización del Aprendizaje Colaborativo

Las perspectivas teóricas del aprendizaje colaborativo³⁰ son diversas.

Desde la mirada conductual, los refuerzos para el éxito del grupo de estudiantes son consistentes con la noción de condicionamiento operante de una contingencia de grupo. En la perspectiva de la teoría cognitivo-social, los estudiantes que trabajan colaborando son más propensos a tener una alta autoeficacia para realizar las tareas, debido a que saben que recibirán la ayuda de otros integrantes del grupo. Además, los estudiantes pueden modelar eficazmente el aprendizaje y las estrategias de resolución de problemas entre ellos.

Desde la mirada cognitiva actual, los estudiantes que trabajan en colaboración en tareas crean andamiajes entre los esfuerzos de unos y otros en el grupo, los que se transforman en ideas y estrategias más sofisticadas que si fuese solamente creación individual.

²⁹ Bernardo Restrepo Gómez. Aprendizaje basado en problemas (ABP): una innovación didáctica para la enseñanza universitaria. Revista Pedagogía universitaria. Educación y Educadores, volumen Nº 8.

³⁰ Jeanne Ellis Ormrod. "Aprendizaje Humano". 4ª Edición. Editorial Pearson Educación, S.A. Madrid. 2005.

6.1.3. Conceptualización del Aprendizaje Colaborativo

En el aprendizaje colaborativo, los estudiantes trabajan en pequeños grupos para alcanzar una meta común. Sin embargo, para que el aprendizaje colaborativo tenga éxito, se requiere que el profesor estructure las actividades de la clase de tal forma que la colaboración resulte necesaria y no sólo como fin para el éxito académico (Johnson y Johnson, 1991).

Por tanto, para aumentar su eficacia, el método debe considerar las siguientes características:

- Que los estudiantes trabajen en pequeños grupos designados por el profesor.
- Que los grupos tengan una o más metas comunes respecto a lo que estén trabajando.
- Que se les entregue a los estudiantes una guía clara sobre cómo comportarse.
- Que los miembros dependan unos de otros para obtener éxito.
- Que se proporcione una estructura para estimular los comportamientos productivos de aprendizaje.

Por tanto, el método de trabajo colaborativo requiere que el profesor sea esencialmente como un recurso, control y guía, debido a que los estudiantes son los responsables de sus logros.

El éxito de los estudiantes se refuerza por los logros de todos los miembros del grupo (Lou y otros, 1996; Slavin, 1983b, 1990a). Se requiere que al final del trabajo cada grupo evalúe su eficacia, con lo que se refuerza la capacidad de autoevaluación del trabajo terminado.

6.2. Recursos de enseñanza-aprendizaje

En las últimas décadas se ha producido una expansión significativa de los recursos para implementar las metodologías de enseñanza-aprendizaje. Entre ellas destacan las siguientes:

- Salas, laboratorios, talleres adecuados para aprendizaje activo (Cuadro II.6).
- Software para procesos de enseñanza-aprendizaje (Cuadro II.7).
- Dispositivos de interacción (Cuadro II.8).
- Medios audiovisuales (Cuadro II.9).
- Mapas conceptuales y mapas mentales (Cuadro II.10).
- Dispositivos móviles, tales como teléfonos inteligentes y tabletas.
- Sistemas diversos de educación en línea.

Además, se dispone de varios otros recursos tales como simuladores, textos interactivos, casos de estudio, etc.

Cuadro II.6. Recursos de Enseñanza-Aprendizaje: Salas, laboratorios y talleres adecuados para aplicar metodologías de aprendizaje activo.

Unos ejemplos de ellos son las Salas TEAL (*Technology Enabled Active Learning*) y el *Fabrication Laboratory*.

1. Sala TEAL

La sala TEAL está compuesta usualmente por mesas redondas para uno o dos grupos de cinco estudiantes, distribuidas en la sala de clases en forma similar a un restaurant, para incentivar la conversación y el intercambio de ideas entre los estudiantes. El profesor, mediante un software, tiene control de los computadores que usan los estudiantes para ver si están en el camino correcto en la solución del problema planteado o si necesitan alguna ayuda para centrarlos en lo que deben

hacer. Además, el profesor puede proyectar en telones que están en las cuatro paredes de la sala en forma simultánea, desde su computador o desde algún computador que está utilizando uno de los grupos de cinco estudiantes. Los problemas planteados deben ser cortos, pero con la suficiente profundidad para que provoquen la discusión, análisis e intercambio de ideas de los estudiantes. Con este recurso se puede trabajar bien hasta con 80 estudiantes.



Fig. 1: Disposición de sala TEAL.

2. Fab Lab

El Fab Lab es un espacio para la producción de objetos físicos a escala personal o local, implementado con máquinas industriales, algunas controladas por computadores. Su particularidad es su tamaño y su fuerte vinculación con intereses de la sociedad. En algunas universidades se usa especialmente en proyectos con estudiantes de primer año de Ingeniería, para que éstos se vean enfrentados a problemas simples de ingeniería, usualmente de la comunidad. Con esto se desarrolla en el trabajo colaborativo, la vinculación con el medio y la creatividad en el desarrollo del primer año. En los cursos superiores Fab Lab propicia un lugar de trabajo colaborativo e interdisciplinario,

que cubre necesidades de la comunidad y de la empresa, creando vínculos entre profesionales, estudiantes y empresas. Es un espacio de exploración, experimentación y desarrollo de proyectos, en particular de diseños enfocados a las industrias y a las nuevas tecnologías.



Fig. 2: Fab Lab. Fuente: MIT Review 2016.

Fuente Fig. 1: http://icampus.mit.edu/projects/teal/

Fuente Fig. 2: http://news.mit.edu/2016/3-questions-neil-gershenfeld-fab-labs-0104

Cuadro II.7. Recursos de enseñanza-aprendizaje: Software para el proceso de enseñanza y aprendizaje.

El *Courseware* es un software diseñado para un programa educacional que ayuda a los procesos de enseñanza y aprendizaje.

El *courseware* incluye contenidos y materiales del curso en sí, las herramientas para crear y administrar esos materiales, cómo presentarlos a los estudiantes. Además puede incluir herramientas de evaluación.

Es recomendable para los estudiantes de primer año el uso de *courseware* en las asignaturas de matemáticas y física, en laboratorios con computadores, ayudantes y un profesor. En particular porque ellos desarrollan el autoaprendizaje en los estudiantes. Además, se pueden hacer evaluaciones con este software en los mismos laboratorios.

Entre muchos casos, una experiencia exitosa en matemáticas en primer año es la de la Universidad de Florida Central, USA, a cargo de la Dra. Tammy Muhs. Ellos tienen un laboratorio de computadores llamado MALL (Mathematics Assistance & Learning Labs), con 350 computadores, atendidos por instructores, estudiantes de postgrado y ayudantes (*peer tutors*), 25 en total. Los estudiantes deben realizar un autoaprendizaje mínimo de 3 horas a la semana en el laboratorio, independiente de las horas dedicadas en su casa, con los software MathMatLab y MathMatLab Plus de Pearson. Las evaluaciones se realizan en el MALL. Los profesores ya no dedican tiempo para las clases, sino para preparar el material para pruebas semanales, las pruebas de cátedra y el examen, y no tienen que corregir, ya que lo hace el software.



Fig. 3: Uso de courseware MALL en University Cental Florida.

Fuente Fig. 3: https://sciences.ucf.edu/math/mall/

Cuadro II.8. Recursos de enseñanza-aprendizaje: Dispositivos de interacción.

1. Pizarras inteligentes

Las pizarras inteligentes (smart boards) ayudan a los estudiantes en diferentes funciones. Por ejemplo, en el aprendizaje efectivo en los distintos niveles de la Taxonomía de Bloom. Hay diferentes tipos, pero las más utilizadas son Smart Board y Promethean. Además las pizarras se pueden utilizar con los clickers (utilizados para la metodología de aprendizaje entre pares).



Fig. 4: Pizarra inteligente para uso en ingeniería, arquitectura y otros campos.

2. Lápices inteligentes

Los lápices inteligentes permiten capturar, procesar y transcribir información. Tienen una memoria RAM que puede exceder en capacidad a un disco duro, un micrófono incorporado para captar lo que explica el profesor o lo que responden los estudiantes y un sensor en la punta. Se escribe en un cuaderno especial y las notas resultantes se pueden proyectar en la pared en tiempo real; para lo cual se usa tecnología láser e infrarroja. Al final de la clase, mediante un simple click se puede enviar las notas a los estudiantes. El lápiz tiene muchas otras aplicaciones, que lo hacen un medio eficaz y eficiente para ser usado por los profesores en un ambiente de aprendizaje activo por parte de los estudiantes.



Fig. 5: Lápiz inteligente.

Fuente Fig. 4: Smartech, https://home.smarttech.com/ Fuente Fig. 5: https://www.livescribe.com/es/smartpen

Cuadro II.9. Recursos de enseñanza-aprendizaje: Medios visuales.

1. Generación y uso de videos del profesor

Las clases de los profesores pueden ser grabadas, con la finalidad de que los estudiantes puedan repasar la clase o ponerse al día si no pudieron asistir. Además le sirve al profesor para autoevaluarse, corregir sus defectos y superarse al hacer clases.

Este proceso tiene varias etapas:

- Grabación del video, lo que requiere de una buena cámara.
- El profesor ve el video y se hacen los arreglos indicados por él y eventuales asesores.
- Se editan los videos en un medio aislado de ruidos. Hay diferentes software para hacer esta tarea: Tegrity, Adobe Premier, Pinacle, Syber Director, etc. Para editar videos más profesionales e interactivos se puede utilizar el programa Camtasia de TechSmith.



Fig. 6: Sistema de edición de videos.

2. Uso de videos de profesores expertos de diverso origen

Con la generación de videos que se indica en 4.1, a escala internacional se ha venido generando una valiosa colección de videos, la mayoría de ellos disponibles a través de Youtube. Algunos sitios presentan selecciones de videos aptas para buena educación.

3. Realidad virtual y realidad aumentada

La realidad virtual (RV) y la realidad aumentada (RA) se han venido usando efectivamente para inducir los aprendizajes significativos en módulos o partes de asignaturas. Estas tecnologías apoyan a los docentes en la explicación de algún tema específico y a los estudiantes para entender mejor lo que el profesor trata de enseñarles.

Es importante tener presente que tanto las ingenierías, otras disciplinas como geología, y otros programas de estudio requieren visitas a terreno para poder generar mayor conocimiento en los estudiantes respecto de aspectos de la especialidad, en temas que a veces resulta difícil enseñar en las aulas de manera práctica. Para suplir esta falencia es útil aplicar algunos módulos de RV y RA, para que los alumnos conozcan los procesos y a su vez exploren virtualmente el terreno a visitar. Esto presenta dos beneficios importantes: no tener riesgos en la visita virtual y el ahorro del

costo del viaje para visitar algunas industrias y empresas lejanas.

Por lo tanto, no sólo se aumenta la accesibilidad a las industrias y terrenos por parte de los estudiantes de las carreras de Ingeniería y Geología, utilizando la RV y RA, y también se incrementa la eficiencia del aprendizaje, en una era en que los alumnos están muy tecnologizados con los videojuegos.

Fig. 7: Estudiantes usando Realidad Virtual.

Continuación Cuadro II.9.

La RV es una tecnología especialmente adecuada para la enseñanza, debido a su facilidad para captar la atención de los estudiantes mediante su inmersión en mundos virtuales relacionados con las diferentes ramas y ámbitos de la enseñanza. Esto ayuda en el aprendizaje de los contenidos de cualquier materia al ofrecer interactividad y multimedia.



La RA nos proporciona información adicional que no estamos viendo, como por ejemplo mostrar información o videos en puntos de interés al visitar un terreno en geología, o mostrar detalles específicos (por ejemplo, los veinte o más ejes de rotación de un cristal) que es difícil imaginar para los estudiantes.

Fig. 8: Uso de la Realidad Aumentada en educación en ingeniería..

Fuente Fig. 6: https://www.techsmith.com/video-editor.html

 $Fuente\ Fig.\ 7:\ https://www.redbrickresearch.com/2017/08/30/how-virtual-reality-could-transform-higher-education/$

Fuente Fig. 8: https://www.telegraph.co.uk/education/stem-awards/design/augmented-reality-will-transform-engineering/

Cuadro II.10. Recursos de enseñanza-aprendizaje: Mapas conceptuales y mapas mentales.

Se destacan dos herramientas de gestión del conocimiento para apoyar el aprendizaje: los mapas conceptuales (MC) y los mapas mentales (MM), los que se han venido usando y perfeccionando por décadas. Estas herramientas también son útiles para apoyar la producción de conocimiento y evaluación.

1. Mapas conceptuales (MC)

Los MC se utilizan cada vez más en los diferentes niveles educativos, desde preescolar hasta la universidad. Permiten al docente ir construyendo con sus estudiantes y explorar con éstos los conocimientos previos.

Al estudiante le permite organizar, interrelacionar y fijar el conocimiento del contenido estudiado. El ejercicio de elaboración de un MC fomenta la reflexión, el análisis y la creatividad. Los elementos que componen un MC son:

- Concepto: un concepto es un evento o un objeto que con regularidad se denomina con un nombre o etiqueta,por ejemplo casa, nieve, etc. El concepto es aquella palabra que se emplea para designar cierta imagen de un objeto o de un acontecimiento que se produce en la mente del individuo.
- Palabras de enlace: son las preposiciones, conjunciones, el adverbio y en general cualquier palabra que no sea un concepto y que se utilizan para relacionar estos.
- Proposición: es una articulación de dos o más conceptos ligados por palabras de enlace en una unidad temática.
- Las flechas: se reserva el uso de flechas sólo en el caso en que la relación graficada no sea de subordinación entre conceptos, por lo que se pueden usar para representar una relación cruzada, entre los conceptos de una sección del mapa y los de otra parte del "árbol conceptual".
- Conexiones cruzadas: se usa cuando se establece entre dos conceptos ubicados en diferentes segmentos del MC una relación significativa. La representación gráfica que señala la existencia de una conexión cruzada es una flecha.

Continuación Cuadro II.10.

Existe un procedimiento para elaborar un MC a partir de la lectura de un contenido, pero así como en un discurso diversos actores pueden expresar una idea de distintas maneras, también un MC de una lectura va a ser diferente para cada lector.

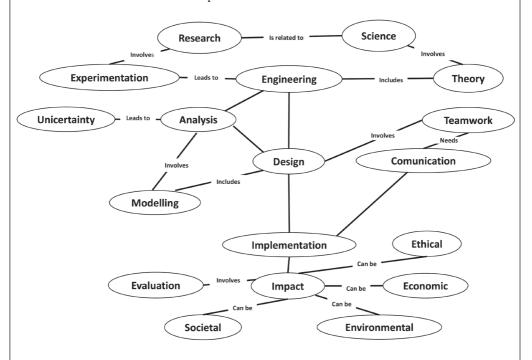


Fig. 9: Modelo Conceptual de interpretación de la Ingeniería.

2. Mapas mentales (MM)

Un MM es una poderosa metodología gráfica que permite utilizar de manera significativa el potencial del cerebro. Permite utilizar la gama completa de habilidades cerebrales —palabras, imágenes, números, lógica, ritmo, color y sentido del espacio— en una forma poderosa y única. Pueden aplicarse variados aspectos de la vida profesional y personal para mejorar significativamente el rendimiento de las personas a través de la aceleración del aprendizaje y un pensamiento más claro y profundo.

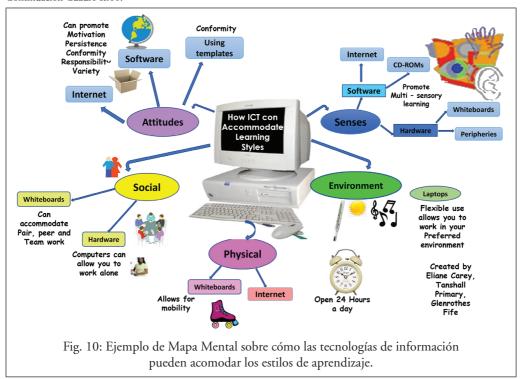
El MM tiene cuatro características esenciales:

- El asunto o motivo de atención se cristaliza en una imagen central.
- Los principales temas de asunto irradian de la imagen central en forma ramificada.
- Las ramas comprenden una imagen o una palabra clave impresa sobre una línea asociada.
- Las ramas forman una estructura nodal conectada.

Los MM se pueden mejorar y enriquecer con colores, imágenes, códigos y dimensiones que les añadan interés, belleza e individualidad, fomentándose la creatividad, la memoria y la evocación de la información.

Existen etapas en la construcción de un MM y debe tenerse presente que un MM sobre un determinado tema no tiene que ser igual para todas las personas.

Continuación Cuadro II.10.



Fuente Fig. 9: J. Turns, C. J. Atman and R. Adams, "Concept Maps for Engineering Education: A Cognitively Motivated Tool Supporting Varied Assessment Functions" IEEE Trans Educ, vol. 43, pp. 164-173, May 2000. Fig. 10. Ejemplo de Mapa Mental sobre cómo las tecnologías de información pueden acomodar los estilos de aprendizaje. Fuente: http://www.mind-mapping.co.uk/mind-map-examples/education-mind-map-examples/

7. Educación en línea

La educación en línea ya ha logrado una participación importante en la formación de ingenieros en los países desarrollados, y continúa aumentando, tanto en Pregrado y Postgrado como en Educación Continua.

Las universidades están combinando las actividades docentes presenciales y en línea, con diferentes sinergias entre ellas, según los tipos de estudiantes y los tipos de asignaturas. La educación en línea está siendo potenciada con algunos de los métodos de enseñanza-aprendizaje señalados en el apartado anterior.

La calidad de la educación en línea ha sido un tema crítico. Varias universidades, en particular de EUA, han logrado un alto grado de dominio de la educación en línea. Otras han estado fortaleciendo la calidad de su educación en línea con el fin de aumentar la utilización de esta modalidad por parte de los estudiantes tanto actuales como potenciales.

Varias universidades vienen explorando nuevos modelos de entrega para la educación en línea; entre ellas las ofertas MOOC de varias universidades, entre las que destacan EdX de MIT/U Harvard y Udacity, entre otros.

En todo caso ya está claro que los cursos MOOC sirven para crear reputación de las universidades y atraer estudiantes a ellas.

Desde 2010 aproximadamente, la comunidad académica de los países desarrollados ya adoptó masivamente la educación en línea como parte de su oferta educacional. Después de casi 15 años de mejoramiento de calidad tanto en plataformas digitales como en la pedagogía a distancia, se han logrado notables resultados de aprendizaje. Esta efectividad se debe a una serie de funciones de apoyo al aprendizaje que hace posible la digitalización y, en particular, la educación en línea. Entre tales funciones se destacan:

- Posibilidad de guardar y recuperar indefinidamente clases de excelente calidad pedagógica de los docentes y hacerlas accesibles a los estudiantes.
- Aumento de la interacción entre los estudiantes y de ellos con los profesores, tutores y mentores a través de las redes sociales digitales.
- Generación y disposición de trayectorias de aprendizaje para cada estudiante.
- Visualización de contenidos complejos en forma simple y fácil para el aprendizaje, usando: realidad virtual, realidad aumentada, videos del mundo real, diversas técnicas.
- Evaluaciones y autoevaluaciones continuas vinculadas al aprendizaje progresivo.

Este avance está provocando los siguientes efectos directos en la formación de ingenieros:

- Parte de la educación presencial se realiza con educación en línea en la modalidad de blended learning.
- Cursos completos realizados en la modalidad en línea, ofrecidos tanto en los programas presenciales como en formato abierto y universal.
- Realización de algunos programas de pregrado y postgrado completamente en línea, con aumentos relevantes de calidad y retención de estudiantes respecto de lo que ocurría hace 10 años.
- Articulación digital entre la formación de ingenieros y el ejercicio de la profesión, que se verifica en casi todos los campos disciplinarios e interdisciplinarios.

La ingeniería y la educación superior tienen contenidos digitales superiores al 50% de lo que se requiere³¹.

Está ocurriendo una significativa transformación digital, poniendo en tensión a las instituciones de educación superior, entre sus académicos que son muy competentes en la educación digitalizada respecto de aquellos que son más reacios a ella.

Esta transformación plantea un significativo desafío a las instituciones, tanto por sus beneficios como por sus riesgos.

³¹ WEF Report 2015. World Economic Forum.

8. Vinculación con I+D+i

8.1. Contextualización

Las universidades de los países desarrollados y emergentes han venido potenciando la investigación y desarrollo e innovación, como factores claves para la competitividad económica, el bienestar social, el cuidado del medioambiente y el aumento del empleo entre otros propósitos.

Esto se refleja en las políticas, estrategias, laboratorios y sistemas, financiamiento y capital humano dedicado que utilizan las universidades. La mayoría de ellas articuladas con las políticas públicas y las industrias líderes en tecnología.

En Europa, la creación de indicadores se basó en la experiencia de la NSF. La OCDE, desde 1963, comenzó a analizar los métodos utilizados en las diversas instituciones sobre investigación, desarrollo experimental y problemas técnicos que se presentaban en los países miembros. Así nació el documento denominado: "Metodología normalizada propuesta para las encuestas sobre investigación y desarrollo experimental". Después, este documento, una vez analizado y revisado por expertos en I+D de la OCDE, se denominó Manual de Frascati.

8.2. Articulación de docencia con I+D

El Postgrado y la I+D, además de su valor en sí mismas, en las universidades de avanzada se presentan como funciones que apoyan y potencian el Pregrado.

Esto se fundamenta, al menos, en el dominio del estado del arte; las actualizaciones que representan para los académicos; la articulación de la oferta académica para los estudiantes; el traslado a la docencia de los resultados de I+D (tanto en nuevos conocimientos como en su uso); en el desarrollo de la actitud indagadora y el pensamiento crítico; el prestigio institucional; los medios y recursos atraídos desde diferentes fuentes.

A nivel internacional las universidades consideran diferentes tipos de objetivos cuando abordan la I+D. Las acciones asociadas se pueden clasificar en:

- Abordar algunos temas relevantes para la sociedad o las industrias. Por ejemplo: eficiencia en energía; desarrollo urbano; nuevas fuentes de energía; varios otros según los desafíos del país o región respectiva.
- Abordar algunos temas relevantes para la ingeniería o la tecnología. Por ejemplo: estructura de base de datos; nuevos materiales; big data; internet de las cosas; y otros.
- Tener más producción científico-tecnológica importante, en particular como base de una *research university*.
- Apoyar a los académicos que tienen talentos y competencias para la investigación y desarrollo.

• Mejorar el pregrado, y hacer viable el postgrado y potenciarlo.

Muchas universidades valoran la I+D como importante para la formación de ingenieros, porque los profesores pueden plantear a los estudiantes nuevas formas de abordar los problemas típicos de Ingeniería o para abordar nuevos problemas de Ingeniería. Esta valoración toma diversos alcances según los ámbitos de I+D que cultive la universidad en Ingeniería.

La conexión I+D con docencia es particularmente importante en las universidades que valoran la función Desarrollo. Principalmente como consecuencia de las posibilidades de participación de los estudiantes en prototipos y otros trabajos prácticos de Ingeniería.

En general, las universidades crean ambientes integrados de investigación y de aprendizaje en torno a los temas de Ingeniería que les importan. Esta es una práctica creciente. Estos ambientes tienden a superar las dinámicas habitualmente separadas de la I+D y la docencia. Con ello, logran atraer y mantener activos a sus académicos con las competencias para tales fines.

En síntesis, la I+D es considerada una función universitaria que otorga una serie de beneficios para los estudiantes, la sociedad y la universidad misma.

8.3. Articulación con la innovación

En cuanto a la vinculación con innovación, en EEUU y en Europa la tendencia es a que las facultades de Ingeniería realicen proyectos con las empresas o los gobiernos en que hay que desarrollar conocimiento nuevo para generar innovaciones relevantes, para la economía y la sociedad. Esto se está dando en áreas como la energía, defensa, construcción, optoelectrónica, biotecnología, computación y materiales.

Los alumnos de pregrado se benefician de estos proyectos participando en sus fases, dentro de su trabajo de laboratorio, talleres de proyectos, cursos de diseño, etc. Para estos fines se crean centros, laboratorios, cátedras especiales con ese financiamiento externo.

Las universidades de avanzada están considerando la innovación como una dimensión relevante de la formación de ingenieros, desarrollando sus competencias innovadoras y de su articulación con la tecnología y con el emprendimiento.

Hay diversas aproximaciones para abordarla, no excluyentes entre ellas: desde enfoques lectivos hasta enfoques intensivos en proyectos de innovación y desarrollo.

En innovación está ocurriendo un dinamismo significativo en la creación de espacios aptos para ello.

9. Vinculación con el medio, emprendimiento y otras funciones

9.1. Vinculación con el medio y su efecto en la docencia

Desde hace más de 50 años, las universidades de los países desarrollados han venido potenciando, sistemáticamente, la vinculación con el medio en forma bidireccional, para al menos tres propósitos: hacer más pertinente y relevante la formación de profesionales y postgraduados; aumentar la pertinencia, relevancia, efectividad e impacto de la I+D; apoyar significativamente el desarrollo de la tercera misión universitaria, en particular en lo que respecta a la creación de valor en la sociedad.

Para esto se han estado realizando diversas modalidades: desde proyectos con los actores del medio que representan diversos grupos de interés (sociedad civil, empresas, organismos públicos, egresados y otros) hasta la formación de parques científico-tecnológicos y de innovación. El repertorio de iniciativas es amplio y continúa expandiéndose.

El efecto de la vinculación con el medio en la docencia, es notable cuando es bien hecho. Los aprendizajes aumentan, las vocaciones se expresan y las realizaciones emprendedoras de los estudiantes se desencadenan.

9.2. Articulación de la docencia con emprendimiento e innovación

Desde aproximadamente el año 2000, la educación en emprendimiento e innovación está teniendo un auge importante en el ámbito de la Ingeniería en las instituciones de Educación Superior de los países desarrollados y emergentes.

Hacia 2015, en EUA, más del 60% de las escuelas de Ingeniería proporcionaban educación de calidad en emprendimiento e innovación y más de un 30% habilitaba oportunidades relevantes a sus estudiantes para realizar innovaciones y emprendimientos. Esto continúa aumentando y algo similar ocurre en Alemania, Reino Unido y otros países de Europa y Asia-Pacífico.

Factores determinantes en la renovación hacia el emprendimiento y la innovación han sido los criterios de acreditación de algunos países y regiones, por ejemplo en lugares tan diferentes como EUA y Hong Kong. En el caso de ABET en EUA, la incorporación del conjunto de criterios Nº 3 de acreditación en Ingeniería ha sido determinante³² (Cuadro II.11). Asimismo, algunas prescripciones regulatorias y programas dedicados como las usadas en Alemania.

³² ABET Accreditation Criteria.

Cuadro II.11. Efecto de la acreditación ABET en la orientación al emprendimiento e innovación en Ingeniería.	
Conjunto de Criterios Nº 3 de ABET	Ejemplos de efectos en emprendimiento e innovación en Ingeniería
a) Capacidad de aplicar conocimientos de Matemática, Ciencias e Ingeniería.	Diseño de nuevos productos usando objetivos y restricciones modelables con principios científicos y representaciones matemáticas.
b) Capacidad de diseñar y realizar experi- mentos y de analizar e interpretar los da- tos respectivos.	
c) Capacidad de diseñar sistemas, compo- nentes y procesos para satisfacer las ne- cesidades establecidas.	
d) Capacidad de trabajar en equipos multi- disciplinarios.	Equipos interdisciplinarios de ingeniería, negocios, tecnología y otros campos necesarios para diseñar e implementar los proyectos. Por ejemplo, en transporte público.
e) Capacidad de identificar, formular y re- solver problemas de Ingeniería.	Soluciones de ingeniería para: la escasez del recurso agua; mejorar la eficiencia energética; muchos otros casos específicos.
f) Comprensión de las responsabilidades profesionales y éticas.	Decisiones éticas hechas en diseños de productos considerando aspectos sociales y ambientales.
g) Capacidad de comunicar eficazmente.	Presentaciones de proyectos y planes de negocios.
h) Educación amplia necesaria para com- prender el impacto de las soluciones de Ingeniería en contextos sociales y globa- les.	como producir y comercializar un producto en
 Reconocimiento de la necesidad y la ha- bilidad de comprometerse con el apren- dizaje a través del ciclo de vida. 	1
j) Conocimiento de los temas contemporá- neos.	Plan de negocios que abordan cuestiones ambientales, en particular respecto del uso de agua y energía.
k) Capacidad de usar técnicas, habilidades y herramientas de la Ingeniería moderna en la práctica de la profesión.	

Fuente: ABET Accreditation Criteria.

Una serie de esfuerzos se han venido desarrollando en las universidades de varios países para acelerar el desarrollo de la educación en emprendimiento e innovación. Por ejemplo: la iniciativa de la Stanford University para promover la educación en

emprendimiento e innovación en las escuelas de Ingeniería y de ciencias; los Programas del gobierno alemán con la OECD para acelerar la adopción en emprendimiento e innovación en un conjunto de universidades (Universidad de Berlín, entre ellas); Programas colaborativos nacionales e internacionales en innovación en EUA, Europa y Asia.

Una proporción muy significativa de las principales universidades del mundo (aquellas en los primeros 100 lugares del ranking QS, por ejemplo) han construido ecosistemas potentes de innovación y tecnología.

Tales son los casos de MIT, Stanford University, University of Cambridge, Imperial College London, University of Oxford, National University of Singapore, Universidad Munich y varias otras. En estas instituciones se observa tanto una alta producción científico-tecnológica como una alta producción de innovación en Ingeniería.

Las universidades están enfrentando desafíos de transformación para balancear la innovación y emprendimiento con la docencia, la I+D y las otras funciones institucionales. Desde tensiones internas entre las unidades académicas hasta cuestiones de financiamiento.

Los programas valiosos de emprendimiento e innovación integran al menos los siguientes componentes:

- Articulación con los actores externos (empresas, comunidad de emprendedores e innovadores) que son relevantes.
- Actividades y cursos para desarrollar los conocimientos y competencias aptos
 para los procesos y metodologías de emprendimiento e innovación. Entre ellos
 se incluyen: experiencias sobre emprendimiento e innovación; desarrollo de prototipos; simulación de start-ups; cursos y laboratorios de emprendimiento e innovación tecnológica; interacciones y mentorías provenientes de la comunidad
 externa de emprendedores e innovadores; pasantías en incubadoras tecnológicas.
- Experiencias para fortalecer las competencias y actividades del desarrollo profesional del ingeniero. Estas consideran, entre otras: autogestión; trabajo en equipo; gestión de riesgo y del fracaso; competencias sociales.

Las universidades aprecian la participación de los estudiantes y egresados en las iniciativas de innovación y emprendimiento por los beneficios directos para ellos; por sus capacidades creativas que aportan entusiasmo, ideas nuevas, libertad intelectual y capacidad de trabajo.

10. Número de ingenieros

En muchos países se ha detectado la necesidad de aumentar el número de ingenieros adecuadamente formados. Desde distintas perspectivas ha quedado en evidencia que la población de ingenieros no es suficiente para abordar los desafíos del país.

Esto ha quedado de manifiesto tanto en el informe de UNESCO (2011), como en los diagnósticos nacionales de varios países.

Hoy se distingue entre la respuesta a la demanda laboral, expresada por las industrias existentes, y la respuesta a los requerimientos del desarrollo de los países y solucionar los problemas existentes: desde infraestructura básica hasta bienestar, cuidado del medio ambiente y cambio climático.

11. Retención, progresión y titulación

En la mayoría de los países se ha hecho necesario aumentar significativamente las tasas de retención de estudiantes de Ingeniería en las instituciones de educación superior, así como la progresión y la tasa de titulación oportuna.

Las tasas de retención en Ingeniería han sido históricamente más bajas que en otros ámbitos, como Medicina por ejemplo, y han sido consideradas como típicas en los países desarrollados. No obstante, las bajas tasas de retención han dejado de ser aceptables en las comunidades académicas desde hace al menos 2 décadas. Existe un movimiento internacional para aumentar el *engagement* de los estudiantes y para mejorar significativamente los contextos universitarios que facilitan la retención, en particular en lo que respecta al aumento de las tasas de aprendizaje.

12. Roles de docentes y estudiantes

12.1. Docentes y sus roles

La conformación del cuerpo académico (Faculty) es determinante para la formación de estudiantes en pregrado y en postgrado. En los países desarrollados, las universidades hacen esfuerzos relevantes para formarlo y mantenerlo.

Varias universidades sólo otorgan la propiedad del cargo de jornada completa a un académico después de varios años de evaluaciones positivas. Asimismo, han establecido sistemas de promoción de sus académicos en función de su contribución a las funciones de docencia, I+D, vinculación con el medio y otras.

Estos sistemas consideran: posiciones jerarquizadas; mecanismos de evaluación académica; mecanismos de contratación, perfeccionamiento, promoción y desvinculación.

El perfil de los académicos de jornada completa es bastante común: con postgrado, muy preferentemente doctorado, y ejercicio profesional de calidad en enseñanza e I+D. También, cada vez más, las instituciones consideran requerimientos de innovación en sus académicos.

Las universidades a nivel internacional utilizan y valoran los aportes de los profesores de tiempo parcial que colaboran en docencia en ámbitos en que se requiere experiencia industrial; I+D aplicada; innovación y emprendimientos o profesores visitantes que provienen de universidades más avanzadas en determinados campos.

En el ejercicio de la docencia, las universidades de avanzada van más allá de los profesores individuales y configuran equipos docentes (algunos de ellos, conectados a otras funciones como I+D). En esos equipos se incluyen el profesor principal, los asistentes, los tutores y los medios de soporte docente (que consideran el aporte de profesionales especializados en educación en Ingeniería).

Varias universidades están utilizando el cambio generacional de académicos para acelerar la adopción de atributos relevantes en la Ingeniería moderna. En particular, la digitalización avanzada (desde redes sociales hasta simuladores y *big data*); interés y competencias para la práctica de la innovación; orientación a la sustentabilidad ambiental; alta interacción social a nivel local y global.

La tendencia generalizada es que el doctorado es el nivel de formación adecuado para las universidades. La presencia de doctores en la formación de pregrado es alta (usualmente más del 70% y en muchos casos supera el 95%).

En la selección, contratación y promoción de académicos, las universidades consideran la combinación de competencias docentes efectivas, de acuerdo a las nuevas metodologías de enseñanza-aprendizaje; competencias para abordar la investigación y desarrollo e innovación; competencias para apoyar el emprendimiento entre sus estudiantes y su disposición a participar en la creación de valor en la sociedad.

Los roles característicos que realizan los académicos en su condición de docentes están cambiando significativamente; en particular, aumentan sus roles interactivos con los estudiantes así como sus roles de mentores y tutores, pero disminuyen sus roles en clases tradicionales, lo cual está asociado a los cambios en los métodos de enseñanza-aprendizaje.

Los énfasis docentes están cambiando en la mayoría de las asignaturas, cursos o talleres de diseño y otros. Esto plantea el desafío de la evolución de los docentes; ahora deben darle atención a temas que antes tenían poca expresión en Ingeniería, tales como: comunicación oral y escrita; trabajo en equipo; creatividad e innovación; liderazgo.

12.2. Estudiantes y sus roles

Las instituciones consideran, explícita o implícitamente, que la selectividad es necesaria para aumentar las posibilidades de éxito académico de los estudiantes de Ingeniería.

Los estudiantes que admiten las universidades en el ámbito de Ingeniería son en general aquellos con buenas calificaciones en la educación secundaria, pero no necesariamente las mejores. Ellos muestran una inclinación vocacional hacia la Ingeniería, la Tecnología, la Ciencia y la Matemática. Por ello, han venido aumentando las iniciativas STEM en la comunidad escolar de diversos países.

La admisión de estudiantes mujeres es menor que la de hombres en la mayoría de los programas de formación de pregrado en Ingeniería en los países desarrollados y emergentes. No obstante, existen diferencias importantes entre las diversas carreras: es usual que Ingeniería Química tenga una proporción mayor de estudiantes mujeres, en cambio Ingeniería Eléctrica tiene usualmente una de las menores proporciones. En varios países se realizan iniciativas de atracción de estudiantes mujeres para superar las brechas.

Las universidades buscan, cada vez más, la autonomía de los estudiantes en sus aprendizajes, intentando superar la lógica de tratarlos como meros receptores del conocimiento entregado por los profesores. Ahora se orientan a que los estudiantes participen activamente en la vida universitaria y autogestionen sus aprendizajes.

13. Internacionalización

La internacionalización es una actividad muy relevante en Educación Superior, en particular en torno a Ingeniería. La UNESCO destaca este hecho en su informe del año 2011; tanto en la formación como en el ejercicio profesional.

En esta sección se abordan: las actuaciones de las universidades (13.1); las actuaciones de los organismos internacionales (13.2). Las dinámicas de las empresas se abordan en otros capítulos.

13.1. Actuaciones de universidades en formación de ingenieros

Los objetivos principales que abordan las universidades en su internacionalización son:

- Apoyo y fortalecimiento del Pregrado, al favorecer el acceso de los estudiantes a ambientes multiculturales y sistemas educacionales diversos y de calidad.
- Apoyo y fortalecimiento del Postgrado.
- Aumento del alcance y de la efectividad de la I+D y de la innovación.

La movilidad de estudiantes y académicos es una de las principales dimensiones de la internacionalización, y aumenta año a año en forma significativa, considerándose que hacia 2015 aproximadamente el 5% de los estudiantes de educación superior del mundo ya tienen experiencias educacionales en el extranjero.

Los principales medios que usan las universidades para su internacionalización son:

- Apertura y capacidades para acoger a estudiantes y académicos desde otros orígenes.
- Programas de movilidad e intercambio de estudiantes y académicos.

- Proyectos de I+D e Innovación con instituciones de otros países.
- Plataformas tecnológicas para educación (algunas en formato MOOC).
- Plataformas tecnológicas para el trabajo colaborativo con personas de otros países.
- Desarrollo de campus y programas de estudio en otros países.

Las universidades más avanzadas han venido tomando decisiones acerca de cómo internacionalizarse en forma más proactiva. Esto se debe a la creciente comprensión de que las universidades principales se orientarán a ser instituciones realmente globales.

La internacionalización plantea desafíos grandes a las universidades, pues pone en posición ventajosa a las que saben hacerla bien respecto de aquellas que no pueden cumplir determinados estándares. Los estudiantes de Ingeniería están mostrando preferencias por aquellas universidades y Programas de Estudio que realizan parte de su actividad académica en un formato internacional.

13.2. Actuaciones de los organismos internacionales en ingeniería

Varios organismos internacionales de ingeniería han potenciado su trabajo para lograr la internacionalización de la ingeniería, en particular en la formación.

Existen iniciativas diversas a través del mundo. Entre ellas, destacan:

- Los acuerdos de Washington y Sydney para lograr la equivalente de Programas de Estudio.
- La iniciativa de APEC para el reconocimiento de credenciales de ingenieros.
- La iniciativa CDIO para promover un currículum común fundamental en ingeniería.

Todas estas iniciativas apoyan los esfuerzos de las universidades y organismos de los países en el ámbito de la Ingeniería.

14. Conclusiones para el caso chileno

Los cambios de las facultades de ingeniería son evidentes a nivel internacional. La necesidad de tales cambios continúa con fuerza por las diversas causas ya expuestas. En Chile, la renovación también se está desarrollando en varios temas como: armonización curricular; I+D; innovación y emprendimiento; vinculación con el medio. La mayoría de ellas con el apoyo del Programa Ingeniería 2030 y de MECESUP/ DFI.

De lo tratado en las secciones anteriores se derivan las siguientes conclusiones

para el caso chileno, a lo que ya se hace referencia en uno de los informes del Programa Ingeniería 2030³³.

14.1. Implicación en formación de ingenieros

- ✓ El compromiso de las autoridades y los académicos para cambios sustantivos en el currículum: más espacios al estudiante en su proceso de aprendizaje; orientarse al logro de resultados de aprendizajes; revisar la duración de las carreras en forma compatible con las competencias de entrada de los estudiantes.
- ✓ El compromiso de las instituciones de educación superior con los desafíos actuales de la ingeniería a nivel global y otros factores de la inserción laboral para aumentar la contribución de los profesionales de la ingeniería a la sociedad.
- ✓ Generar alternativas de motivación para que estudiantes talentosos ingresen a sus aulas, pensando en resolver eventuales problemas de demanda.
- ✓ Realizar la docencia con contenido internacional y multicultural.

14.2. Implicación en investigación y desarrollo, innovación y emprendimiento

- ✓ Aumento de la producción de I+D relevante a nivel nacional con proyección internacional.
- ✓ Aumento del uso de los resultados de I+D, tanto en docencia de pre y post grado como en la industria.
- ✓ Aumento de la vinculación creadora de valor con la industria.
- ✓ Aumento de la innovación basada en I+D.
- ✓ Aseguramiento de la vinculación efectiva de los académicos y la universidad con los ámbitos industriales, públicos y profesionales, para abordar con profundidad suficiente las necesidades nacionales en las que la ingeniería tiene un rol determinante.

³³ Iniciativa Ingeniería 2030. Informe Nº 01.

CAPÍTULO III

INGENIEROS PARA EL DESARROLLO DE CHILE: CARACTERÍSTICAS NECESARIAS

"Los roles del ingeniero en la sociedad tienden a extenderse más allá de su ámbito original".

Luis Valenzuela P. A modo de comprensión compartida de la CFI, sobre roles de los ingenieros.

La Ingeniería es una profesión que evoluciona en el mundo. En estos tiempos, la velocidad de cambio aumentó y continúa aumentando como consecuencia del enorme avance científico-tecnológico y de la globalización de los mercados.

En este contexto, los roles originales y esenciales de los ingenieros siguen siendo válidos. Pero, se agregan otros nuevos roles que es importante abordar con diligencia.

En este capítulo se tratan las características necesarias que deben tener los ingenieros para cumplir los diversos roles requeridos para el desarrollo de Chile.

Esto se realiza a través de la introducción en la perspectiva del estado del arte (sección 1); de las necesidades para la construcción de una sociedad moderna (sección 2); las necesidades de la ingeniería en la industria (sección 3) y los diferentes modos de lograr las capacidades y habilidades (sección 4).

1. Introducción en la perspectiva del estado del arte

Como se discute en otros capítulos del presente informe, el desarrollo de los países requiere de profesionales, y en especial de ingenieros que estén preparados para los desafíos que implica el proceso de desarrollo y que en definitiva sean capaces de impulsar ese proceso y de ser actores relevantes en las futuras etapas o niveles de desarrollo que se espera alcanzar.

De acuerdo a lo indicado en otro informe elaborado por el Instituto de Ingenieros de Chile³⁴ (IICH, 2013) el capital humano, entendido como el capital incorporado en las personas especialmente en la forma de educación, es un componente fundamental que explica el desarrollo económico y social de los países. El capital humano formado en ingeniería tiene importancia creciente en un mundo que depende cada vez más de la ciencia y la tecnología, en contextos con grados de complejidad que aumentan.

Como se ha expuesto en el capítulo uno, el ingeniero cumple unos roles determinantes en el desarrollo del país, entre los cuales destacan:

- realizador de obras de infraestructura tales como carreteras, puertos y aeropuertos:
- gestor y desarrollador de industrias como la minería, celulosa y papel, siderurgia industria manufacturera y otras;
- realizador de las plantas de generación de energía, transmisión y distribución; realizador de las industrias de las telecomunicaciones y de las tecnologías de la información;
- desarrollador de los emprendimientos inmobiliarios;
- y varios otros campos en los cuales la ingeniería tiene roles protagónicos.

Por otro lado se advierte, muy especialmente en Chile, que la sociedad le ha ido asignando al ingeniero civil roles de liderazgo en muchas otras actividades públicas y privadas originalmente ajenas al rol esperado de estos profesionales. Por ejemplo, en áreas como la de gestión en los ámbitos de salud, educación y varios otros. Esta extensión de los roles del ingeniero civil, al parecer, se debe a la tradicionalmente rigurosa educación profesional de los ingenieros, basada en ciencias, tecnología y gestión.

Esta condición de cierto liderazgo que el ingeniero civil ha ido adquiriendo dentro de la sociedad chilena conlleva a su vez una gran responsabilidad: la de poder ejercer ese rol adecuadamente para así responder positivamente a las necesidades actuales y futuras del país y de las personas.

Existen además otras situaciones, como consecuencia del actual nivel de desarrollo del mundo, que hacen que sea necesario que los ingenieros civiles, como así también otros profesionales, desarrollen capacidades o atributos complementarios a los que tradicionalmente la sociedad les requería. Tales situaciones son por ejemplo: mayores exigencias de las regulaciones (ambientales, urbanas,...); mayores requerimientos de las personas y de la sociedad sobre la calidad de las obras y productos de ingeniería; mayor eficiencia económica de los proyectos de ingeniería desde la perspectiva de los inversionistas, tanto públicos como privados; necesidades de man-

³⁴ Informe de Capital Humano para la competitividad: El caso de la Ingeniería Civil. Instituto de Ingenieros de Chile. 2013.

tenerse en el estado del arte de la profesión de un contexto de cambios rápidos en nuevas tecnologías, materiales; creciente tendencia a la globalización; sensibilidad creciente de las sociedades a los problemas ambientales y de equidad; gran importancia de las comunicaciones; las complejidades del desarrollo urbano y el aumento relativo de la población de mayor edad, entre otras.

Muchos de los nuevos atributos que deben ser considerados, o la falta de los mismos, en la formación de los ingenieros civiles para atender los requerimiento de una sociedad moderna integrada a la economía global, en particular las necesidades y expectativas de la sociedad chilena, que transita a ser desarrollada, ya han sido identificados en diversos estudios y proposiciones. En general en forma parcial, y mayoritariamente desde el punto de vista de la academia.

Entre los informes del Instituto de Ingenieros de Chile relacionados con el tema podemos destacar los siguientes: "Capital Humano para la competitividad: el caso de la Ingeniería Civil" (2013); "Factores Condicionantes del Éxito en Proyectos de Inversión: experiencias y lecciones en Chile" (2012) y "La Globalización de los Servicios de Ingeniería: desafíos y estrategias" (2011). Varias características deseables de los ingenieros se derivan de esos documentos.

Existen además varios estudios de tipo institucional que también dan claves para la identificación y definición de nuevas capacidades o atributos que se requieren en la formación de los ingenieros. Entre ellos se destacan los de OCDE, ABET (2001, 2002 y 2003), Proyecto TUNING, CINDA (2004); Declaración de Bolonia (1999); Iniciativa CDIO (2000), UNESCO (2011). Algunos abordan las necesidades de formación de ingenieros desde la perspectiva del desarrollo de los países pero otros son más académicos e institucionales (que no siempre consideran los desafíos del desarrollo de los países).

En las secciones siguientes se indican diversas necesidades en la formación de ingenieros civiles, principalmente para contribuir al desarrollo económico y social del país y prepararlos para enfrentar adecuadamente los desafíos actuales y del futuro.

Debe destacarse que todos los estudios e informes elaborados respecto de este tema coinciden en que la habilidad para aplicar conocimientos de ciencias, matemáticas e ingeniería es fundamental en la profesión de ingeniería civil. Por lo tanto, todo currículum de las carreras de Ingeniería Civil debe incluir los cursos de ciencias y ciencias de la ingeniería como elementos fundamentales. Debido al enorme avance de la ciencia y la tecnología, el debate actual no está en si incluir disciplinas STEM o no, sino que en: ¿qué ámbitos de Ciencia considerar, teniendo presente su creciente amplitud?; ¿cómo enseñarlas de modo de mejorar los aprendizajes de los estudiantes? (didáctica de la ciencia, de la matemática,...).

En este sentido, la mayor parte de las consideraciones que se presentan en las próximos secciones dan por aceptada esta conclusión y la discusión se centra especialmente en las habilidades y capacidades adicionales o complementarias que son necesarias en la formación de ingenieros.

En esa perspectiva, y respecto de las capacidades y habilidades propias o básicas, la ABET propone:

- Habilidad para aplicar conocimientos de matemáticas, ciencias e ingeniería.
- Capacidad para diseñar y conducir experimentos, analizar e interpretar datos y resultados.
- Capacidad para identificar, formular y resolver problemas de ingeniería.
- Reconocimiento de la necesidad y habilidad para un aprendizaje continuo.
- Capacidad para usar técnicas, habilidades y modernas herramientas, necesarias para la práctica de la ingeniería.

En una complementación de estas capacidades y habilidades, ABET considera aspectos de innovación, emprendimiento, medio ambiente y social.

Este conjunto de habilidades y capacidades responde al concepto de una educación tecnológica de calidad, en base a una sólida base de enseñanza científica básica primero y luego de ciencias de la ingeniería.

2. Necesidades para la construcción de una sociedad moderna

En la construcción de una sociedad moderna se requiere de ingenieros civiles que estén bien preparados para poder ejercer al menos los roles fundamentales; como mínimo deben estar conscientes y alertas respecto de los aspectos sociales, económicos y medio ambientales y en conocimiento de los grandes temas que demanda una sociedad en desarrollo en términos de equidad y sustentabilidad. Y, muy importantemente, ser capaces de diseñar e implementar obras de calidad. Dentro de la gran gama de roles que puede cumplir un ingeniero civil, según se expone en el capítulo 1, y otros capítulos de este informe, la mayor parte de ellos está relacionada con aspectos fundamentales de la economía y del desarrollo de un país. En particular: industria de recursos naturales (lo cual incluye minería, energía, agricultura, medio ambiente,...), el desarrollo urbano, los sistemas de transporte, la industria en general (manufactura y otros), el abastecimiento de servicios públicos, las comunicaciones, las tecnologías de información, entre otros.

Estos conocimientos y capacidades se orientan en la lógica de las competencias que se presentan en el capítulo II.

Estamos en presencia de un aumento de estándares de calidad que demanda una sociedad que avanza. Esto plantea un desafío mayor teniendo presente los problemas de calidad de algunas obras de ingeniería en Chile³⁵. Existe una brecha que es necesario superar. Asimismo, está el desafío de la innovación. Para ser completamente desarrollado, Chile necesita nuevas industrias y mejorar las industrias existentes. Esto demanda más innovación y emprendimiento. En lo posible, en campos de alta creación de valor y empleo calificado.

³⁵ Informe "Factores condicionantes del éxito en Proyectos de Inversión: experiencias y lecciones en Chile". Instituto de Ingenieros de Chile. 2012.

Todo esto plantea demandas concretas sobre la ingeniería para hacer de Chile un país desarrollado. Por ejemplo, energía sustentable, procesos industriales más amistosos con el medio ambiente, digitalización avanzada, modernización del Estado y varios otros.

Para atender las necesidades de una sociedad moderna, equitativa y sustentable, las siguientes son habilidades y capacidades principales, deseables de desarrollar durante la formación de los ingenieros civiles:

- Comprensión de la responsabilidad legal, ética y profesional.
- Conocimiento de temas contemporáneos.
- Habilidades para el análisis y evaluación de riesgos.
- Comprensión de los temas ambientales, locales y globales.
- Capacidad para comprender los impactos de los proyectos de ingeniería en contextos globales y sociales.
- Conocimiento de las realidades socioeconómicas de los países donde actúa.
- Habilidad para funcionar en equipos multidisciplinarios.
- Capacidad de identificar las tendencias de los cambios futuros en la ciencia y la tecnología.

3. Necesidades de la ingeniería en la industria

Es evidente que las capacidades y habilidades antes mencionadas son deseables para todos los ingenieros civiles, en mayor o menor grado. Sin embargo, la industria nacional, tanto la actual que se renueva, como las nuevas industrias que se formen, requieren de habilidades adicionales o que se hacen más importantes en este caso. Estos requerimientos, en parte, se deben a la necesidad permanente de mantener o aumentar la productividad y la calidad de la industria y del país en general. Debe tenerse presente que la productividad a nivel nacional ha disminuido en la última década y que ello implica perder competitividad, tanto local como internacionalmente. Este es un tema importante y crítico en que los ingenieros tienen participación y responsabilidad relevante.

Es necesario considerar que la baja de productividad (PTF) en economías fuertemente exportadoras se explica en algunos países por la insuficiente industria de alto valor agregado, que es más intensa en tecnología y capital humano; usualmente ello está asociado a la denominada "enfermedad holandesa" (contracción económica y pérdida de empleos en algunos sectores, como consecuencia de la revalorización de la moneda del país, provocada por la gran exportación de recursos naturales). La ingeniería puede contribuir con el desarrollo de nuevas industrias, lo cual requiere de más ingenieros con competencias e intereses aptos para ello.

Algunas de las capacidades y habilidades importantes identificadas para este sector en estudios anteriores, como los ya citados, así como lo analizado en algunos foros realizados en Chile con representantes de la academia y las empresas (Colegio

de Ingenieros de Chile A.G.; Asociación de Empresas Consultoras de Ingeniería de Chile, AIC) son las siguientes:

- Capacidad de administración de agenda de trabajo.
- Habilidades de expresión oral y escrita.
- Pensamiento crítico y capacidad de autocrítica.
- Responsabilidad (accountability) por los trabajos y encargos.
- Capacidad para utilizar técnicas y herramientas modernas de ingeniería.
- Adaptación de conocimientos de varias disciplinas e incorporación de estos datos a los proyectos.

Las capacidades y habilidades señaladas son las que en gran parte determinan la productividad de los ingenieros civiles y las que, de acuerdo a la experiencia de las empresas de ingeniería nacionales, están significativamente mejor desarrolladas en ingenieros formados en el extranjero, en especial en el mundo anglosajón, otorgando por lo tanto una ventaja en términos de competitividad a empresas provenientes de esos países.

Otras capacidades y habilidades necesarias para la industria generalmente mencionadas por los ejecutivos de empresas son:

- Dominio del idioma inglés.
- Conocimiento y competencias de los conceptos de gestión de proyectos, de gestión de personas, de gestión de negocios.
- Conocimiento de elementos de contabilidad y financiamiento.
- Capacidades de estimación y gestión de costos.

Usualmente las empresas también identifican como necesarias las habilidades y capacidades ya mencionadas en la sección anterior, tales como:

- Habilidades para el análisis y evaluación de riesgos.
- Comprensión de los temas ambientales, locales y globales.
- Habilidad para funcionar en equipos multidisciplinarios.
- Facilidad de adaptarse a cambios e imprevistos.

En empresas que actúan en ambientes muy competitivos y que, por lo tanto, requieren renovarse periódicamente, así como en nuevas industrias o empresas, se requiere además de otras habilidades y capacidades, frecuentemente mencionadas, como son:

- Características de liderazgo.
- Capacidad para mantener su aprendizaje en forma continua en el tiempo.
- Habilidades en creatividad e innovación.
- Capacidades para emprendimiento e innovación.

- Conocimiento general de estrategia empresarial.
- Habilidades de negociación.

Según CINDA (2014) parece que los egresados chilenos de Ingeniería Civil tienen falencias formativas en sus capacidades de hacer del conocimiento científicotecnológico un efectivo recurso de innovación con impacto económico. También, en el desenvolvimiento eficaz en un contexto que actualmente demanda nuevas habilidades relacionadas con modos de trabajo cambiantes, variables interculturales y estándares crecientes de efectividad. Al parecer las universidades chilenas se habrían concentrado más en la demanda e intereses de los potenciales estudiantes que en las necesidades del mercado laboral real y profundo.

Las empresas que participan en los mercados internacionales mencionan otras habilidades como necesarias, además de los idiomas, como las siguientes:

- Conocimiento de la realidad socioeconómica de los países donde se opera.
- Condiciones que faciliten la movilidad y adaptación al trabajo fuera del país de origen.
- Conocimiento (aunque general) de la práctica de la ingeniería global.

En el capítulo I de este informe se comentan los resultados de una encuesta hecha a egresados de las universidades de Chile y Técnica Federico Santa María, egresados que reconocieron que las mayores falencias que ellos reconocían en su formación eran aquellas relacionadas con: emprendimiento; innovación; competencias sociales; idioma inglés; comunicación; administración y gestión. Este diagnóstico coincide en gran parte con los estudios de la academia y la opinión de las empresas. Asimismo, la mayoría de los encuestados expresa que no tiene falencias en ciencias básicas o ciencias de la ingeniería; no obstante, es necesario estudiar si esto también ocurre con los egresados de otras universidades.

La adecuada combinación de las habilidades y capacidades enumeradas en los párrafos anteriores deberían permitir adecuar los actuales perfiles de egreso. Estos perfiles de egreso según CINDA (2004) son el conjunto de atributos que articulan e integran capacidades, habilidades, hábitos, destrezas y conocimientos, aplicados en un entorno concreto que son las situaciones profesionales.

Especialmente interesante es el concepto global denominado CDIO y que se aborda en el capítulo II (dentro del cual pueden ser desarrollados los perfiles de egreso que incluyan las habilidades mencionadas).

La Iniciativa CDIO se concentra en las siguientes funciones de Ingeniería: concebir-diseñar-implementar-operar.

Según este concepto (Syllabus CDIO) el proceso educativo debiera permitir que los egresados entiendan como concebir, diseñar, implementar y operar productos y sistemas complejos con valor agregado, desarrollados en un ambiente ingenieril moderno basado en trabajo en equipo y en que se formen individuos maduros y pensantes.

Los alumnos deben llegar a poseer un profundo conocimiento operativo en base a los fundamentos técnicos; ser líderes en la creación y operación de nuevos productos y sistemas; comprender la importancia y el impacto estratégico de la investigación y del desarrollo tecnológico en la sociedad.

Es interesante ver que el syllabus CDIO se articula con el sistema de "*learning by doing*", los "FabLab" y una serie de metodologías de enseñanza-aprendizaje que se han formado recientemente en varias universidades en el mundo. En particular, algunas de ellas siguiendo el liderazgo del MIT.

4. Diferentes modos de lograr las capacidades y habilidades necesarias

Es evidente que tan extensa lista de habilidades y capacidades no pueden ser adquiridas por los alumnos de pregrado de ingeniería civil solo a través de cursos convencionales, lo cual requeriría de un currículo extensísimo, imposible de ser implementado en una carrera universitaria ya bastante larga. Más aún cuando la tendencia general, tanto en Chile como en otros países, es tratar de disminuir los años de estudio, teniendo presente las duraciones nominales actuales de 5 a 6 años además de uno a dos años para la realización real. Pero, no es sólo un tema de duración, sino que de diseño de la enseñanza aprendizaje. Esto conduce a la necesidad de un nuevo tipo de currículo.

Salvo algunas excepciones, no es necesario incluir cursos convencionales de gran número de créditos para formar o instruir cada una de las capacidades o habilidades requeridas. En gran parte de los casos basta agregar a las actividades académicas convencionales (cursos) algunas instancias de participación de los estudiantes y de discusión de estos temas; idealmente desde los primeros años de la carrera.

Se propone aumentar y sistematizar, en los programas de las carreras de ingeniería civil, el análisis y discusión de casos reales, especialmente con participación de los actores reales. Esto considera una serie de casos específicos, atinentes a cada aspecto que se quiera analizar (por ejemplo casos de gestión de proyectos, casos de ética, casos de responsabilidad legal, etc.) con grados crecientes de complejidad a medida que se trata de cursos más avanzados. Los alumnos deben participar en la discusión con dinámicas de roles, por ejemplo designando alumnos que comenten, coordinen. Además debe ser exigido un breve análisis escrito del caso y la realización de presentaciones orales. De esta manera se consigue no sólo colocar a los alumnos en contacto con los temas relevantes sino que también dar la oportunidad de participar en los debates y en la escritura de breves ensayos.

Para los temas de innovación y emprendimiento, se debe establecer un mayor contacto entre los alumnos y los Centros de Innovación y de emprendimiento que han creado varias de las universidades nacionales y con las empresas, principalmente aquellas que tienen desafíos relevantes. Nuevamente no parece que lo más conveniente y factible sea la sobrecarga académica con asignaturas específicas sobre in-

novación y emprendimiento en el currículo de los cursos de pregrado; aunque de acuerdo con la experiencia de las universidades líderes a nivel internacional, es necesario una formación breve. Lo importante es lograr los objetivos mediante la participación de los alumnos en algunos talleres organizados por este tipo de Centros, que generalmente están orientados a actividades vinculados con la industria. El mayor valor de este tipo de actividades es la participación en casos lo más reales posible, pero configurados con criterios docentes. De no existir estos Centros, la solución puede ser el análisis y discusión de casos en talleres ad hoc.

Es así como la metodología mencionada se puede aplicar a varios aspectos que el estudiante de ingeniería debe abordar a fin de desarrollar las habilidades y aptitudes ya indicadas como necesarias. Asimismo, la universidad debe contar con buena información y plataformas educacionales para la discusión y análisis de casos como los siguientes:

- Casos reales de éxito y fracaso de proyectos de diferente tipo (eventualmente como complemento de curso básico de gestión de proyectos que lo debería tener todo programa de ingeniería civil).
- Situaciones principalmente basadas en casos reales de ética profesional.
- Casos de responsabilidad legal del ejercicio de la profesión. Es conveniente la discusión de algunos casos a lo largo de la carrera. Por ejemplo, Casos post 27/10 y los casos que aparecen en la jurisprudencia de USA como posible fuentes de información y de casos para analizar.

Se dice que el ingeniero civil egresa de las universidades preparado para la solución de problemas complicados, pero no para la solución de problemas complejos, entendiendo que estos últimos se caracterizan por su carácter esencialmente multi-disciplinario e interdisciplinario. Se debe reconocer que existen pocas oportunidades para que los estudiantes de ingeniería participen en actividades multidisciplinarias.

Como ya se mencionó, alguna de las actividades recomendadas, como las de análisis y discusión de problemas de equidad y de sustentabilidad, tienen usualmente un carácter multidisciplinario, con participación de representantes de diferentes profesiones o actividades.

Los talleres de proyecto, las prácticas profesionales y las tesis de grado pueden tener carácter multidisciplinario y, además, pueden ser especialmente atractivas para los alumnos.

En esta lógica son muy interesantes, como ya se mencionó, los laboratorios de Diseño o FabLab, de fuerte carácter interdisciplinario y multidisciplinario. En estos FabLab los alumnos pueden realizar actividades de dificultad creciente a medida que progresa el curso. Este tipo de FabLab se inició en MIT el año 2000, hoy existen centenares de unidades de ese tipo en las universidades del mundo, incluyendo Chile. Estos laboratorios se pueden concebir para actividades de pregrado, de postgrado y de innovación con las industria. El gran potencial que tienen estos FabLab permite

visualizar la conveniencia de incorporarlos en diferentes niveles de la progresión de las carreras de Ingeniería, en conjunto con otras profesiones. Estos FabLab son en gran parte un laboratorio de creación e innovación y una forma de ejercitarse en lo complejo. El concepto inicial de MIT era "How to make (almost) anything".

Existen requerimientos básicos de la formación de ingenieros de tipo general, que no necesitan de cursos formales sino que más bien de imponer modos de conducta para el alumno, y eventualmente también a los académicos, o a la manera de trabajar, como los siguientes:

• Administración de su agenda de trabajo o estudio

Esto puede ser introducido como una práctica al nivel de toda la Facultad. Por ejemplo con la entrega de calendarios y programas de trabajo anuales que sean rigurosamente respetados por alumnos, profesores y administrativos (no se aplazan pruebas, no se eliminan clases, puntualidad en todas las actividades).

• Desarrollo de capacidades de expresión oral y escrita

La mayor queja de la industria respecto a las habilidades de los egresados de Ingeniería Civil es la insuficiencia de su capacidad de expresión oral y escrita. Es necesario dar espacio a la presentación o defensa oral de los trabajos de los estudiantes ya sea en los talleres de análisis y discusión mencionados o en los talleres de proyecto o inclusive en los ramos o materias más teóricas. La expresión escrita debe también ser incentivada, aunque esto signifique mayor trabajo de correcciones de pruebas o trabajos, por lo menos en algunos de los ramos y actividades incluyendo los breves ensayos escritos comentados antes en relación a los talleres de análisis y discusión del estudio de casos.

• Pensamiento crítico

Fortalecer y sistematizar el desarrollo del pensamiento crítico por medio de la enseñanza. Esto se puede aplicar en diversas asignaturas, así como en los talleres de análisis y discusión de casos ya comentados.

Tantas actividades adicionales como las propuestas traen evidentemente la pregunta de qué recursos adicionales es necesario movilizar, en particular para preparar los casos para análisis y discusión recomendados.

Existen algunos recursos potencialmente disponibles para tales efectos:

- Conformación de Proyectos.
- Conformación de Problemas típicos.
- Simulaciones de casos.

- Tesis de grado y postgrado.
- Colaboración de la industria y de instituciones en la preparación de casos.
- Colaboración de la industria y de instituciones en la presentación y discusión de casos (los actores reales).
- Reorientación y profundización de las prácticas de profesionales.

CAPÍTULO IV

NECESIDADES Y OPORTUNIDADES QUE SURGEN DE LA GLOBALIZACIÓN

En este Capítulo se abordan las necesidades y oportunidades que surgen de la globalización, en particular en lo que respecta a la formación de ingenieros.

Para ello se consideran diversas dinámicas concurrentes:

- La ingeniería y la globalización de las industrias (sección 1).
- Los servicios globales de ingeniería (sección 2).
- La movilidad internacional de ingenieros (sección 3).
- La formación de ingenieros en el contexto de los tratados internacionales (sección 4).
- La homologación internacional de los títulos de Ingeniería (sección 5).
- Las brechas de la formación de ingenieros para desenvolverse en el contexto global (sección 6).
- Las respuestas de las universidades chilenas a las necesidades y oportunidades de la globalización (sección 7).
- Las respuestas de las instituciones chilenas de ingeniería (sección 8).
- Las estrategias para la formación de ingenieros para una sociedad global (sección 9).

1. La ingeniería y la globalización de las industrias

Las funciones y roles de ingeniería aumentan y se diversifican en los países, como ya se ha expuesto en el Capítulo 1 y otros de este informe. A veces, por la propia iniciativa de los ingenieros que buscan abordar cuestiones diferentes y, otras, para abordar determinados problemas o desafíos, pero, principalmente por las necesidades de la sociedad, tanto antiguas como nuevas. Esto ha provocado el desarrollo de muchos tipos de actividades diferentes de los ámbitos de ingeniería, los tipos de empresas, los modelos de negocios y las formas de trabajo. Desde las actividades extractivas, como la minería, hasta la astronáutica, desde la fabricación de vehículos a la industria de la información que usa inteligencia artificial.

La ingeniería se involucra cada vez más en diversos ámbitos y en formas que resultan sorprendentes. Por ejemplo, en la industria audiovisual, el cine y la TV, la ingeniería participa no sólo a través de los medios técnicos que los hacen posible, como venía ocurriendo por décadas. Ahora, la ingeniería participa también en el apoyo a la realización del arte por medio de las simulaciones, la generación de efectos especiales, las animaciones. Algo similar ocurre en las aplicaciones de ingeniería en medicina y salud, la educación, la banca, el retail y otros ámbitos.

Las industrias se expanden globalmente a causa de: el acceso a los mercados; las economías de escalas; el aprovechamiento de las ventajas competitivas. En esta globalización, la ingeniería juega un papel determinante, tanto por habilitar las estrategias y las operaciones empresariales como por contribuir a la generación de nuevos productos, procesos y servicios de más valor.

Al mismo tiempo que se desenvuelve este rol habilitador de la ingeniería, han ido surgiendo nuevos desafíos que ésta debe afrontar. Entre ellos: la sustentabilidad de las soluciones (en particular respecto del cambio climático); la complejidad de los contextos en que se desempeña la ingeniería (en particular, en la urbanización avanzada y su densificación); los requerimientos multiculturales; las expectativas de las personas.

Asimismo, se verifica la evolución de las visiones de los organismos internacionales respecto de la ingeniería en los contextos globales. Por ejemplo, en organizaciones como: CDIO, ABET, APEC, UNESCO, OECD, ASEE, NAE, RAE. Por otra parte, algunos planes gubernamentales de países avanzados y emergentes abordan esta dimensión global.

Desde fines del siglo XX, los organismos internacionales han asumido la ingeniería como una actividad global, con alta movilidad de prácticas, estándares y, por cierto, de profesionales.

El surgimiento de la ingeniería global es ya un hecho y no solo una aspiración.

2. Los servicios globales de ingeniería

La industria de los servicios globales es un sector en plena expansión a nivel internacional; ha estado creciendo a tasas superiores al 15% anual, y está requiriendo cada vez más recursos humanos de alta calificación. Constituye una de las tendencias de la globalización económica como una evolución del *Offshoring* en los siguientes ámbitos: Procesos de Negocios (BPO en inglés), Tecnologías de Información (ITO), Conocimiento (KPO) e Investigación y Desarrollo (IPO). Estos procesos están relacionados directamente con el *Offshoring* de Servicios de Ingeniería, actividad que más recientemente ha derivado a la denominación de Servicios Globales de Ingeniería (SGI), los cuales se caracterizan porque tienen producción y consumo ubicuos.

El mercado mundial de los SGI ha sido estimado entre 10 y 15 mil millones de dólares anuales en el año 2006, y se proyecta que alcanzará una facturación de

150.000 millones de dólares hacia el año 2020³⁶. Los SGI se consideran como la "Promesa Laboral del siglo XXI". En este ámbito, Chile es reconocido desde hace una década como una economía emergente y con posibilidades de desarrollar algunas estrategias de especialización en servicios de alto valor. A partir del año 2004, aunque muy distante de los Estados Unidos, Chile es señalado como uno de los países activos en realización de servicios globales junto a Canadá y Brasil en las Américas³⁷. En su política comercial, Chile ha incorporado los servicios en todos los Tratados de Libre Comercio que ha firmado hasta la fecha.

Hacia 2010, en el país se han instalado aproximadamente 60 entidades extranjeras³⁸ que producen y exportan servicios, contratando profesionales chilenos y de otros orígenes, que requieren competencias bilingües y que trabajan en ambientes crecientemente multiculturales. Ellas se suman a las empresas y entidades chilenas que realizan algunas exportaciones en sus rubros. Así se ha ido configurando una industria exportadora local que no es sólo el procesamiento de recursos naturales, sino que está basada exclusivamente en capital humano con un diferencial en rentas promedio superior a un 20% en comparación a otras industrias.

La facturación por servicios globales en Chile alcanzó a los 843 millones de dólares en el año 2008, de los cuales 235 millones de dólares correspondieron a Servicios Globales de Ingeniería. Una proyección de todos esos servicios en un escenario optimista es alcanzar los 2.000 millones de dólares hacia el año 2020, con una participación potencial de los SGI de alrededor de los 600 millones de dólares. Si se considera que éstos prácticamente comenzaron en el inicio del siglo XXI, registrando sólo 12,6 millones de dólares en el año 2002, se observa que la facturación ha ido creciendo a tasas altas hasta 2011, en que alcanzaron 250 millones de dólares (Cuadro IV.1), pero con disminuciones posteriores³⁹. Los destinos de los servicios de ingeniería han sido diversos, aunque concentrados en la región americana; por ejemplo, en 2015 ya se podían apreciar los siguientes destinos y distribuciones: Perú 56%, Argentina 12%, Ecuador 7%, Canadá 3%, España 6% y Sudáfrica con un 12,9%.

³⁶ Comisión Globalización de los Servicios de Ingeniería del Instituto de Ingenieros de Chile, La globalización de los servicios de ingeniería originados en Chile, 2011.

³⁷ Consejo Estratégico del Cluster de Servicios Globales, CORFO; Industria de servicios globales – Oportunidades para Chile, abril de 2009.

³⁸ José Pedro Undurraga, director Capital Humano Cluster Servicios Globales, "La industria de servicios globales en Chile", noviembre 2010.

³⁹ Ingeniería de Exportación, AIC, Asociación de Empresas Consultoras de Chile A.G., 2014.



Fuente: AIC, Asociación de Empresas Consultoras de Chile A.G., 2014, en millones de dólares.

La dinámica de los SGI chilenos es parte de una evolución mayor en la globalización de las economías y sociedades. En esto se destacan muchos países, uno de los cuales es Australia, que aborda no solo los SGI y otros servicios industriales, sino que también los servicios globales en Educación Superior en torno a la Ingeniería y otros campos.

El análisis de las necesidades y oportunidades internacionales muestra que existe un gran potencial de crecimiento para los SGI del país, tanto en los montos facturados como en la diversificación de los mercados globales; por cierto, siguiendo los ciclos de inversiones a escala internacional. Asimismo, la información disponible pone en evidencia que la capacidad de la ingeniería local ha podido abordar algunas oportunidades existentes en los mercados, pero que en las condiciones actuales está limitado al potencial de los ingenieros tanto en su número como en sus capacidades. Chile necesita desarrollar, consolidar y perfeccionar las estrategias e institucionalidad público-privada que permitan abordar estos nuevos desafíos; pero, por sobre todo, es indispensable aumentar significativamente la población de ingenieros altamente calificados con las competencias globales que exige este emergente campo laboral. Ello trae asociada la necesidad de una pronta profundización de la renovación de la formación de los ingenieros en las universidades, en concordancia con las tendencias internacionales para adaptarse a estas nuevas exigencias. Asimismo, se requiere un aumento en la cobertura, calidad y frecuencia de la educación continua de los ingenieros, con el fin de asegurar la vigencia de ellos en el estado del arte internacional.

Los SGI plantean un desafío crítico para la ingeniería chilena: o ella participa integralmente (incluyendo el negocio de la ingeniería además de los campos y especialidades relevantes de ingeniería) o quedará solo subordinada a los servicios suministrados por empresas extranjeras (que tienen empleados chilenos). Esto nos lleva a la necesidad de liderar en algunos ámbitos de la ingeniería y a tener más ingenieros líderes e innovadores.

Chile tiene una situación favorable para insertarse en los SGI gracias a su estabilidad política, económica y social; a su infraestructura física y de comunicaciones relativamente moderna; su apertura a los mercados globales y a sus profesionales con un adecuado nivel de formación para algunos campos y tareas. Las áreas en que particularmente se observan mayores oportunidades y fortalezas para desarrollar los SGI son las siguientes (1):

- Diseño y sistemas sismorresistentes.
- Desafío de abordar desastres.
- Industria ambiental.
- Tecnologías de la información y comunicaciones.
- Infraestructura pública.
- Industria minera.
- Industria de pulpa y papel.
- Industria de alimentos.
- Industria pesquera y acuicultura (en particular, salmonicultura).
- Industria frutícola.
- Industria vitivinícola.

3. La movilidad internacional de los ingenieros

En la escena internacional se observa un aumento de la movilidad de ingenieros entre diversos países, principalmente por el acceso a las oportunidades laborales; al desarrollo de nuevas industrias y los requerimientos de las inversiones. Muy especialmente se verifica el desplazamiento hacia polos de desarrollo acelerado, como son los casos de Silicon Valley, Londres y otros 20 lugares de alta atracción. A nivel regional, aunque en menor escala que los lugares líderes internacionales, Santiago se ha ido promoviendo como una ciudad que atrae a profesionales de varios países de la región.

La movilidad de los ingenieros se integra con el desafío de la participación en los mercados globales. Es una evolución desde la dinámica *brain drain* hacia su articulación con la dinámica *brain gain*.

Los territorios de los países compiten, cada vez más, por apalancar estas dinámicas.

Las competencias necesarias de los ingenieros para participar y crear valor son ahora críticas en la movilidad. Entre ellas se destacan: dominio de las tecnologías de avanzada en el estado del arte; las competencias genéricas aplicadas con estándares internacionales (comunicación en inglés, la colaboración en equipos interdisciplinarios, gestión, emprendimiento e innovación); competencias de alto desempeño.

El desafío para Chile es aumentar sus capacidades para movilizar ingenieros, en particular de retención de ingenieros y de atracción de talentos desde otras latitudes en campos de alto valor.

4. La formación de ingenieros en el contexto de los tratados internacionales

El establecimiento de los tratados internacionales, en particular los tratados de libre comercio suscritos en las décadas recientes, representan nuevos escenarios, oportunidades y desafíos, tanto en el ejercicio de la profesión como en la formación de los ingenieros.

Siendo Chile un país de menor población relativa, su inserción en los numerosos TLC ofrece a los ingenieros un mercado considerablemente más amplio y multiplica las oportunidades laborales. En cuanto a la formación profesional, si bien estos tratados no establecen explícitamente exigencias o estándares, es indudable que la integración que ellos generan trae asociada la comparabilidad y la homologación de los títulos, así como la necesidad de certificar la calidad de los profesionales y de sintonizar los programas de estudios. Así se han producido algunas asimetrías, por ejemplo: los ingenieros canadienses o estadounidenses pueden ejercer en Chile con facilidad pero los ingenieros chilenos no pueden ejercer en Canadá o EUA sin lograr previamente la certificación respectiva.

El primer aspecto que surge de la comparabilidad, es la cantidad de ingenieros que están formando las distintas regiones. En 2015, este índice es de 1 ingeniero cada 625 habitantes en Corea, de 1 cada 2.000 habitantes en China, 1 cada 2.800 en India y de 1 cada 2.300 en Alemania y algo similar en Francia. En América Latina, en cambio, es de 1 cada 8.000 en Argentina, 1 cada 6.000 en Brasil, 1 cada 5.000 en México y de 1 cada 3.900 en Chile. Debido a la creciente especialización y a la demanda por conocimientos superiores, la formación de postgrado adquiere mayor relevancia con los Tratados de Libre Comercio, por lo que resulta imperiosa la necesidad de fomentar estos estudios superiores entre los ingenieros en Chile.

En consecuencia, en Chile y otros países de la región se requiere transitar hacia la formación de una mayor cantidad de ingenieros y postgraduados, y también a una continua capacitación para hacer frente al desafío de la competencia que implica aprovechar las oportunidades que ofrecen los TLC para el ejercicio de la profesión en otros países. Junto con ello se requiere aumentar la calidad profesional y acceder regularmente a nuevos conocimientos, por lo que la educación continua debe ser un hábito permanente de los ingenieros chilenos, como ocurre en los países desarrollados.

Asociado a lo anterior, es indispensable contar con sistemas de aseguramiento de la calidad de los profesionales, comparables a los de países más desarrollados que forman parte de los tratados, y que tienen relación con la acreditación de los procesos de formación, la certificación de los conocimientos adquiridos y la habilitación profesional de los ingenieros. El aseguramiento de calidad debe ser permanente en el ejercicio profesional, debido al gran dinamismo de la globalización de las industrias, en particular de los SGI, los avances de la ciencia y la tecnología, los cambios normativos y la evolución de los mercados y las sociedades. En este ámbito, en Chile sólo existen los procesos de acreditación institucional y de carreras, los que en 2016 se han mejorado mediante nuevos procedimientos y criterios establecidos por la

CNA. No obstante, en los últimos años han surgidos iniciativas para analizar y abordar la conveniencia de incorporar la certificación de conocimientos y la habilitación profesional. Tal es el caso de la propuesta del Instituto de Ingenieros en 2016 sobre la Habilitación Profesional⁴⁰ con la participación de una nueva entidad autónoma. Actualmente es voluntaria la acreditación de carreras de Ingeniería Civil; en el citado informe se propone que la acreditación de ellas sea obligatoria, como ya ocurre en las áreas de salud y de las pedagogías.

En cuanto a los programas de estudios, si bien no existen exigencias de una estandarización en los TLC, en general es posible advertir algunos aspectos comunes en los distintos países, que tienen relación con la duración de las carreras, en la gran mayoría de los casos de cinco años, y la existencia de carreras de Ingeniería de base científica y de carreras de Ingeniería de base tecnológica. En este ámbito, las universidades chilenas presentan una diversidad de formación de ingenieros, con carreras de distintas duraciones, lo que a menudo genera confusiones al intentar la homologación de los títulos con otros países.

De todos los acuerdos y tratados que Chile ha suscrito, el Foro de Cooperación Económica Asia-Pacífico (APEC) es el que más ha avanzado hacia el establecimiento de estándares mínimos para reconocer la "equivalencia substancial" de las competencias profesionales en ingeniería, a través del Acuerdo de Ingenieros APEC, vigente entre un cierto número de países de este Foro de Cooperación.

Los países de la APEC pueden postular a ser miembros de este Acuerdo, demostrando que tienen sistemas vigentes que permiten evaluar las competencias de los ingenieros, de acuerdo a los estándares internacionales establecidos en éste. Los países miembros del Acuerdo tienen plenos derechos de participación; cada uno opera tanto en la sección nacional del registro de Ingenieros de la APEC, o en una sección nacional de un registro combinado Ingeniero APEC/Ingeniero Internacional; los solicitantes de registros de estas secciones pueden recibir crédito cuando solicitan un registro o licencia en la jurisdicción de otro miembro.

Actualmente los países participantes del Acuerdo de Ingenieros APEC en el campo de la ingeniería son: Australia, Canadá, China, Indonesia, Japón, Corea, Malasia, Nueva Zelanda, Filipinas, Rusia, Singapur, Tailandia y los Estados Unidos, a los cuales se agregó Perú en junio de 2016.

En el caso de Perú, que es la primera economía latinoamericana en formar parte de este Acuerdo, la iniciativa fue impulsada por el Colegio de Ingenieros local, que además será la entidad para evaluar y otorgar la certificación APEC Engineer, de acuerdo con las siguientes normas:

- Haber egresado de un programa de ingeniería con acreditación internacional.
- Contar por lo menos con siete años de experiencia profesional en ingeniería.
- Ser evaluado como elegible para la práctica independiente de la ingeniería.

⁴⁰ Informe de la Comisión Habilitación Profesional. Instituto de Ingenieros de Chile. 2016.

- Contar por lo menos con dos años de experiencia en cargos de responsabilidad en proyectos o trabajos de ingeniería.
- Demostrar actualización profesional continua.
- Respetar el Código de Ética del Colegio de Ingenieros.

El Colegio de Ingenieros de Chile administra el registro del país para participar en el Acuerdo APEC. Hasta el año 2016, ha sido escasa la participación de ingenieros chilenos en este registro.

Esto plantea una brecha y un desafío importante sobre cómo desarrollar y fortalecer las capacidades y competencias para participar activamente en la comunidad APEC y abordar las significativas oportunidades existentes en esos países. Esto implica disponer de más ingenieros interesados y dedicados, con las competencias efectivas para una participación internacional.

5. Homologación internacional de los títulos de Ingeniería

Los procesos de globalización y de integración de los países han impulsado diversos acuerdos de estandarización de los programas de estudio, de certificación de las carreras y de homologación de títulos profesionales.

Entre los más importantes cabe destacar los siguientes:

Acuerdo de Bolonia

El Proceso de Bolonia se inició en Europa con el acuerdo firmado en la ciudad de Bolonia en 1999 por los Ministros de Educación de los países de la Unión Europea y de otros como Rusia, para dar curso a un proceso de convergencia cuyo objetivo principal buscaba facilitar el intercambio de los titulados, adaptar los estudios a las demandas sociales, mejorar su calidad y competitividad a través de una mayor transparencia y del aprendizaje centrado en el estudiante, y de su cuantificación mediante un Sistema Único de Créditos denominado ECTS (Sistema Europeo de Créditos Transferibles). Todo lo cual condujo a la creación de un Espacio Europeo de Educación Superior.

En el ámbito de Ingeniería, los acuerdos de Bolonia proponen una estructura de 240 créditos ECTS, correspondientes a cuatro años de duración (60 créditos ECTS equivalen a un año de estudio), de los cuales 180 créditos aproximadamente corresponden a estudios académicos formales y los otros 60 créditos corresponden a proyectos, prácticas en empresas, y créditos de libre disposición. La formación prosigue con programas de máster de uno o dos años y de doctorado de tres años de duración. No obstante las resistencias de algunas universidades y otras instituciones, el proceso de Bolonia ha logrado un ordenamiento importante en los países europeos al adoptar el sistema único de créditos ECTS y una estructura común de 4+1(2)+3, equivalente a cuatro años de base para ingeniería, uno o dos años de máster y tres

años de doctorado, lo que ha facilitado de manera importante el intercambio estudiantil, el reconocimiento de los estudios y la homologación de los títulos y grados.

Proyecto Tuning

Asociado al Proceso de Bolonia, la Comunidad Europea inició en el año 2001 el Proyecto Tuning, en el que participaron 135 universidades de todos los países miembros, con el propósito de facilitar la convergencia en la educación superior europea, creando una base para la comparabilidad y la transparencia de las formaciones, elaborando puntos de referencia para el análisis y comparación de las estructuras de las titulaciones. Además, el Proyecto Tuning incentivó a las universidades a desarrollar sus estrategias, no solamente con referencia a los contenidos y conocimientos, sino también a las competencias generales y las competencias específicas de enseñanza aprendizaje.

A partir del año 2004, el proyecto Tuning se extendió a América Latina, creándose una red integrada por 18 países, en que participaron 182 universidades, entre ellas 13 instituciones chilenas. Los objetivos de este proyecto han sido: contribuir al desarrollo de titulaciones fácilmente comparables y comprensibles en una forma articulada en toda América Latina; impulsar, a escala latinoamericana, un importante nivel de convergencia de la educación superior en quince áreas temáticas, entre ellas la ingeniería civil y la informática, mediante definiciones aceptadas en común, sobre los resultados profesionales y de aprendizaje; desarrollar perfiles profesionales en términos de competencias genéricas y relativas a cada área de estudios incluyendo destrezas, conocimientos y contenidos de las áreas temáticas que incluye el proyecto; facilitar la transparencia en las estructuras educativas e impulsar la innovación por medio de la comunicación de experiencias y la identificación de buenas prácticas.

El Proyecto Tuning se ha expandido posteriormente a África, Asia, y a los Estados Unidos, y constituye el mayor esfuerzo realizado hasta ahora para facilitar la comparabilidad entre las titulaciones de los países.

En Chile, la metodología Tuning, así como la propuesta de competencias genéricas y específicas, han sido una referencia importante en numerosos rediseños curriculares, particularmente llevados a cabo en proyectos apoyados por MECESUP y los Convenios de Desempeños.

El programa MECESUP y otras iniciativas han venido promoviendo el uso de Sistemas de Créditos Transferibles (SCT) entre las universidades chilenas, con objetivos similares al del Proyecto Tuning. Se han establecido criterios, formas de valoración y mecanismos de implementación de SCT y se han aplicado a varias universidades. No obstante, todavía no se ha logrado una adopción masiva en el SES chileno.

Entonces, el desafío actual es proyectar este mecanismo a todo el país y promover acuerdos en América.

La Federación Europea de Asociaciones Nacionales de Ingenieros (FEANI)

Esta Federación nació en el año 1956 y agrupa a alrededor de 80 asociaciones de ingenieros de 31 países europeos, reconocidas como representantes de más de 3,5 millones de profesionales de la ingeniería en Europa. Sus objetivos son:

- Afirmar la identidad profesional de los ingenieros de Europa, asegurando que sus cualificaciones sean reconocidas en este continente y en todo el mundo; afirmando la condición, el papel y la responsabilidad de los ingenieros en la sociedad; protegiendo y promocionando sus intereses profesionales.
- Promover una sola voz de la profesión de la ingeniería de Europa, reconociendo al mismo tiempo su diversidad, desarrollando un trabajo de cooperación con otras organizaciones internacionales interesadas en cuestiones de ingeniería, representando a los ingenieros europeos en las organizaciones internacionales y otros órganos de decisión.

La FEANI emite un título denominado EUR ING, concebido como una garantía de competencia profesional para los ingenieros, y que tiene por objetivo facilitar la movilidad de los ingenieros dentro y fuera de la zona geográfica representada por la FEANI, estableciendo un marco de reconocimiento mutuo de las cualificaciones, a fin de que los ingenieros que deseen practicar fuera de sus propios países puedan llevar consigo una garantía de competencia. Por otra parte, mantiene una lista de las instituciones de educación superior de ingeniería en 31 países europeos representados en la organización, y sus programas de ingeniería son reconocidos por todos ellos, porque cumplen los requisitos obligatorios de educación para el título EUR ING.

La organización inició en el año 2006 el Proyecto EUR, cuyo propósito fue la creación de un sistema europeo de acreditación de la educación en ingeniería en el Espacio Europeo de Educación Superior (EEES). Las normas y procedimientos que se han desarrollado están destinados a ser ampliamente aplicables, a fin de reflejar la diversidad de programas de ingeniería que entregan la educación necesaria para la entrada a la profesión. Producto de este proyecto se creó la "Red Europea para la Acreditación de la Educación en Ingeniería" (ENAEE) y que es la red que autoriza a las agencias de acreditación y aseguramiento de calidad para otorgar el certificado de la European Accreditation of Engineering Programmes (EUR-ACE) a los programas de pregrado de ingeniería acreditados.

El marco de referencia EUR-ACE y el sistema de acreditación establecen una serie de estándares que identifican los programas de alta calidad en Europa y el mundo.

Acuerdos de Washington, Sidney, Dublín

Existen varios acuerdos internacionales que permiten el reconocimiento de los graduados de programas acreditados que se basan en el principio de equivalencia subs-

tancial, en vez de la correspondencia exacta de contenidos y resultados. Estos acuerdos son los siguientes:

- El Acuerdo de Washington (Washington Accord), firmado en 1989. Es un acuerdo internacional entre entidades responsables de la acreditación de los programas de pregrado en Ingeniería. Reconoce la equivalencia sustancial de los programas acreditados por esas agencias y recomienda que los graduados de programas, acreditados por cualquiera de ellas, sean reconocidos por las demás.
- El Acuerdo de Sidney (Sydney Accord), siguió al Acuerdo de Washington y es un acuerdo similar para los Ingenieros Tecnólogos, y fue firmado en junio de 2001.
- El Acuerdo de Dublín (Dublin Accord) es consecuencia de los acuerdos anteriores y se refiere a los Ingenieros Técnicos o Técnicos de Nivel Superior, y fue firmado en 2002. Fue iniciado con el Reino Unido, África del Sur y Canadá, a los que se unieron Nueva Zelanda y Estados Unidos.

Estos acuerdos establecen y describen los elementos diferenciadores para estos tres tipos de ingenieros en los siguientes doce ámbitos: conocimiento para la ingeniería, análisis de problemas, diseño y desarrollo de soluciones, investigación, utilización de herramientas modernas, el ingeniero y la sociedad, medio ambiente y sustentabilidad, ética, trabajo individual y en equipo, comunicación, gestión de proyectos y finanzas, aprendizaje para toda la vida.

Acreditación internacional de carreras de Ingeniería por la ABET

ABET es una organización no gubernamental sin fines de lucro, dedicada a la acreditación de programas universitarios en las áreas de ciencias aplicadas, ciencias de la computación, ingeniería y tecnología. Fue fundada en 1932 con el nombre de Consejo de Ingenieros para el Desarrollo Profesional (Engineers' Council for Professional Development, ECPD) como un organismo dedicado a la acreditación de las carreras de Ingeniería en los Estados Unidos de Norteamérica.

En 1979, ABET inició sus actividades internacionales cuando el ECPD firmó su primer Acuerdo de Reconocimiento Mutuo con el Canadian Engineering Accreditation Board. A partir de 1989, ABET ha desarrollado sus actividades internacionales como evaluadora de programas fuera de los Estados Unidos, y como miembro fundador del Acuerdo de Washington. Hasta 2017 ha acreditado más de 3.800 programas en alrededor de 770 universidades de un total de 31 países, siendo el principal organismo internacional de acreditación de carreras de Ingeniería. En el año 2005 comenzó a usar sólo el acrónimo de ABET.

A partir de 1997, ABET adoptó los Criterios de Ingeniería 2000 (Engineering Criteria 2000, EC2000), que se enfocan más en lo que se aprende que en lo que se enseña, y que comprenden ocho criterios generales y once criterios específicos, según se presenta en Cuadro II.1. del Capítulo II de este Informe.

Las universidades chilenas todavía no adoptan en forma sistemática y masiva la práctica de la acreditación internacional de sus carreras de Ingeniería. No obstante, a nivel individual se destaca el caso de la Pontificia Universidad Católica de Chile (PUC), institución pionera en Chile en este propósito relevante.

6. Brechas de la formación de ingenieros en Chile para desenvolverse en el contexto global

La formación de ingenieros en Chile ha ido avanzando en diferentes frentes, como se expone en el Capítulo 5 de este Informe. Pero todavía falta mucho trabajo por hacer para superar las brechas existentes. En particular, la inserción y participación efectiva de los profesionales en el contexto global requiere abordar con mayor premura los siguientes aspectos:

a) Déficit de ingenieros

La matrícula en las carreras de Ingeniería en 2014 bordeó las 14.500 vacantes, de las cuales un 73% corresponden a universidades miembros del Consejo de Rectores y un 27% a universidades privadas. Considerando una tasa de titulación estimada del 30%, resulta una cantidad del orden de 1 ingeniero titulado cada 3.900 habitantes. Si bien este valor está entre los más altos de América Latina, es bastante inferior a la tasa del orden de 1 cada 2.000 que en general presentan los países más desarrollados o las economías emergentes como China.

Ahora bien, las universidades chilenas han venido aumentando las vacantes en Ingeniería durante la última década. Pero existen al menos dos asimetrías relevantes en este proceso:

- La calidad en la formación se ve amenazada por tasas de aumento de vacantes mayores en algunas universidades que todavía no alcanzan niveles suficientes de calidad. En cambio, universidades que ya tienen esos niveles de calidad, no aumentan significativamente sus vacantes.
- Los déficits continuos en algunas especialidades de ingeniería, en particular de aquellas más relevantes para la innovación. Por ejemplo, en el ámbito de TIC. En general, las universidades han venido definiendo sus vacantes según las demandas e intereses de los estudiantes pero no necesariamente en función de las demandas y necesidades latentes de las industrias.

En general, no se puede suponer que las demandas están alineadas, debido tanto a las asimetrías de información entre demanda y oferta como a las percepciones, a veces equivocadas, que tienen los estudiantes sobre determinadas carreras de Ingeniería. Esto afecta particularmente a las decisiones de las mujeres respecto de la opción de estudiar ingeniería.

b) Aseguramiento de la calidad

En Chile sólo se ha implementado el sistema de acreditación de carreras que ha estado enfocado en el proceso de formación de los profesionales. No existen instancias orientadas a la certificación de los conocimientos adquiridos por los egresados. Actualmente, la habilitación profesional se adquiere automáticamente junto con el título profesional que otorgan las universidades, sin mayores exigencias de experiencia profesional o de exámenes especiales y no existen instancias para la certificación de conocimientos de los ingenieros durante el ejercicio de la profesión. La ausencia de estas instancias limita la inserción de los ingenieros formados en Chile en el contexto internacional, ya que el país no puede exhibir los mismos sistemas de aseguramiento de calidad que los países más desarrollados.

Más aún, la acreditación en varios países desarrollados está basada en los resultados de aprendizaje (*learning outcomes*) con estándares y otros criterios exigentes de aseguramiento de calidad. Esto hace evidente una brecha con los sistemas de acreditación existentes en Chile.

Conscientes de estas tendencias internacionales, la CNA adoptó en 2016 nuevos criterios para acreditación de carreras y programas de estudio, y el MINEDUC configuró un planteamiento sobre los marcos de cualificaciones para ordenar los diferentes programas de estudio respecto de las profesiones.

Las limitaciones en el aseguramiento de calidad en la formación de ingenieros se potencian negativamente con los problemas de calidad en el ejercicio de la profesión. Este último tema abordado por el Instituto de Ingenieros (en particular en el Informe sobre Factores Condicionantes del Éxito en Proyectos de Inversión de 2012) muestra varias deficiencias importantes en la gestión de proyectos de ingeniería, algunas de las cuales se originan en la formación de ingenieros.

c) Homologación internacional

La diversidad de títulos de ingenieros en Chile (ingenieros civiles, ingenieros con diversas denominaciones, ingenieros de ejecución) así como la duración excesiva de los planes de estudio, constituyen barreras para la homologación internacional con los títulos y grados que se otorgan en el extranjero. Por otra parte, la acreditación internacional de las carreras de ingeniería chilenas, mediante organismos reconocidos como la ABET por ejemplo, sólo representan iniciativas aisladas hasta ahora. Tampoco Chile se ha hecho parte de los acuerdos internacionales para reconocer la "equivalencia substancial" de los ingenieros, como el Acuerdo de Ingenieros de la APEC vigente entre un cierto número de países de este Foro Internacional.

Por todo ello, la homologación formal de los títulos de ingeniería de Chile en el concierto internacional es prácticamente inexistente. Este es un desafío necesario de abordar a la brevedad.

d) Competencias para la innovación

La ingeniería chilena presenta una brecha de capacidad innovadora respecto de muchos países desarrollados y emergentes y del potencial de oportunidades de la sociedad global y, también, de Chile. Esto se refleja en la baja tasa de innovaciones tecnológicas, de productos y de procesos que realizan los ingenieros chilenos y que tengan proyección internacional. En general, salvo excepciones, las innovaciones hechas por ingenieros chilenos son del tipo incremental, principalmente orientadas al mercado local.

El desafío de superar esta brecha se ha venido abordando por algunos programas de las agencias públicas como CORFO, en particular en las iniciativas para apoyar la innovación, el Programa Ingeniería 2030, las Oficinas de Transferencia Tecnológica (OTL), los Centros de Excelencia y otros.

Esta brecha de innovación contrasta con las competencias de emprendimiento que muestra Chile. En efecto, la encuesta internacional que hace Babson College presenta a Chile como un país avanzado en emprendimiento. De esto, la brecha de innovación puede ser interpretada en el sentido de que el emprendimiento que realizan los ingenieros chilenos no es suficientemente innovador, al menos analizado con criterios internacionales.

Entonces, el desafío radica en aumentar significativamente las competencias de innovación, a la vez que darle más proyección al emprendimiento innovador.

e) Déficit de habilidades para desenvolverse en contextos internacionales

Las encuestas efectuadas por el Proyecto Tuning América Latina en el año 2006 mostraron que las habilidades para desenvolverse en contextos internacionales eran consideradas como las menos importantes en esa época, de un total de 27 competencias genéricas, por parte de los académicos, empleadores, estudiantes y egresados, tanto de Chile como en los otros países de América Latina.

Sin embargo, en los últimos años esta percepción ha ido cambiando y ya existen iniciativas en marcha en varias escuelas de Ingeniería para avanzar hacia la internacionalización de la formación de los ingenieros. Estas iniciativas están orientadas principalmente a mejorar el dominio del idioma inglés, aumentar la movilidad estudiantil, a operar los convenios de doble titulación, a lograr la acreditación internacional de carreras. En esta dinámica están los Convenios de Desempeño del DFI de MINEDUC y el Programa Ingeniería 2030 de CORFO, en el que la Internacionalización es uno de sus ejes estratégicos.

f) Ingenieros participantes en la sociedad digital

Como se ha indicado en el Capítulo 1, Chile tiene un déficit de ingenieros en los diversos campos de las tecnologías de información y comunicaciones. Esto también

ocurre en varios países desarrollados, y por esto recurren a la atracción de profesionales desde otros países.

Asimismo, los ingenieros formados en Chile en otras especialidades diferentes a las TIC no tienen suficientes competencias para abordar los desafíos de la digitalización de la sociedad y las industrias. En particular, respecto de la transición tecnológica industrial hacia la denominada Industria 4.0.

Esto plantea el desafío, sin precedentes, de aumentar las competencias digitales entre los ingenieros chilenos.

7. Respuestas de las universidades chilenas a las necesidades y oportunidades de la globalización

Las universidades chilenas han ido comprendiendo y abordando paulatinamente algunas necesidades y oportunidades de la globalización. Para ello han venido realizando algunas iniciativas con el apoyo de MECESUP, del Programa Ingeniería 2030 y otros apoyos de CONICYT y CORFO. Algunos ejemplos de tales iniciativas son:

- Movilidad de académicos chilenos al extranjero.
- Acogida de académicos extranjeros en universidades chilenas.
- Movilidad de estudiantes chilenos a instituciones extranjeras.
- Acogida de estudiantes extranjeros en universidades chilenas.
- Proyectos de I+D con colaboración internacional.
- Instalación de Centros de I+D competitivos internacionalmente.

De las brechas enumeradas en la sección anterior, el aseguramiento de la calidad debe ser abordado a nivel del gobierno central.

En cuanto a la homologación internacional, cabe destacar los siguientes avances recientes:

Acuerdo de Lima: en septiembre de 2016, varias agencias acreditadoras latinoamericanas suscribieron este Acuerdo que es un símil del Acuerdo de Washington. Lo integran las agencias CACEI de México, CACET del Caribe, CNA de Colombia, ICACIT de Perú, SINEACE de Perú y Acredita CI de Chile.

Postulación de Acredita CI al Acuerdo de Washington: en diciembre de 2016 la agencia acreditadora del Colegio de Ingenieros de Chile presentó su postulación para formar parte del Acuerdo de Washington. Este proceso toma alrededor de dos años. Actualmente están en proceso de ingresar México, Perú y Costa Rica.

Por otra parte, cabe señalar que la modificación de los criterios de acreditación de carreras, que entró en vigencia en agosto de 2016, y que se basa en la evaluación de los resultados en lugar de los procesos, facilita una futura inserción de Chile en el

Acuerdo de Ingenieros de la APEC.

El déficit de ingenieros y el desarrollo de las habilidades para desenvolverse en contextos internacionales son tareas que deben ser resueltas en las universidades. Las políticas públicas, tales como los Programas MECESUP e Ingeniería 2030, son instancias que las universidades pueden aprovechar para acelerar la implementación de estas tareas. Sin embargo, de los 119 proyectos aprobados en los dos últimos concursos MECESUP de los años 2013 y 2014, sólo hay un Plan de Mejoramiento (PM) aprobado en el área de la internacionalización de carreras de Ingeniería, titulado: "Hacia la certificación internacional CDIO: mejorando el nivel de logros de estándares en las carreras de ingeniería de la Facultad de Ingeniería UCSC". La situación es más auspiciosa en los Convenios de Desempeños Institucionales (CDI), ya que de los 24 aprobados en los concursos de los años 2012, 2013 y 2015, cinco de ellos contemplan la internacionalización de la ingeniería como objetivo central, de acuerdo al siguiente detalle:

- "Internacionalización en la formación de las áreas de ingeniería y ciencias agrarias de universidades pertenecientes al Consejo de Rectores de Chile en cooperación con Instituciones de Educación Superior Francesas". Convenio en Red liderado por la Universidad del Bío Bío.
- "El ingeniero global: diseño e implementación de un modelo de formación de ingenieros para un mundo globalizado", de la Universidad Adolfo Ibáñez.
- Tres Convenios de Desempeños de Internacionalización de Programas de Doctorado en Ingeniería, de las Universidades de Concepción, Federico Santa María, y Pontificia Universidad Católica de Chile.

En cuanto a las iniciativas del Programa Ingeniería 2030, los cinco proyectos aprobados contemplan el eje de la internacionalización de la formación de los ingenieros, lo que involucra a un total de diez facultades de Ingeniería del país.

A lo anterior se debe destacar el aporte de la Sociedad Chilena de Educación en Ingeniería (SOCHEDI), la que durante el año 2016 coordinó la realización de dos eventos relacionados con el tema:

- Seminario de Acreditación Internacional de Carreras de Ingeniería, organizado por la Universidad Mayor el 29 de julio de 2016.
- XXIX Congreso Chileno de Educación en Ingeniería, "Formación de capital humano en ingeniería en el contexto de una sociedad global", organizado por la Universidad de La Frontera entre el 5 y el 7 de octubre de 2016.

Estos antecedentes y actividades dan cuenta de que la formación de ingenieros para el contexto global es un tema que, en los años recientes, ha comenzado a instalarse como uno de los objetivos importantes de las facultades de Ingeniería, revirtiendo la tendencia señalada por el proyecto Tuning hace una década atrás.

No obstante todos estos esfuerzos que se desarrollan, y las capacidades que se han ido creando, las brechas son todavía relevantes con respecto a los países desarrollados. Por ejemplo: para lograr su competitividad internacional la National University of Singapore (NUS) dispone que más del 25% de los profesores sean extranjeros elegidos en convocatorias públicas de alta difusión en los países desarrollados; las universidades australianas actúan masivamente en los países del Sudeste de Asia con su oferta de pregrado y postgrado.

8. Respuestas de las instituciones chilenas de ingeniería

Tanto el Colegio de Ingenieros como el Instituto de Ingenieros han realizado algunas actuaciones para abordar parte de los desafíos de la globalización. Entre ellos:

• Certificación por el Colegio de Ingenieros de Chile

El Colegio de Ingenieros de Chile junto a la Asociación de Empresas Consultoras de Ingeniería de Chile (AIC), el Instituto de Ingenieros de Chile y la Dirección General de Relaciones Económicas Internacionales del Ministerio de Relaciones Exteriores, crearon el Registro Nacional de Chile de Ingenieros Expertos.

Este Registro tiene por objetivo formar un conjunto de ingenieros chilenos que constituya un sello de calidad profesional, una certificación de los estudios realizados y una confirmación de experiencia laboral destacada. Los requerimientos de inscripción en este Registro son equivalentes a los exigidos en Organismos Internacionales tales como el Registro Internacional de Profesionales Ingenieros del Engineers Mobility Forum, que consiste en un acuerdo multinacional entre organizaciones de ingeniería que establece estándares internacionales para el ejercicio de la profesión, o el Registro de Ingenieros APEC.

• Estudios del Instituto de Ingenieros de Chile (IICh)

El IICh ha abordado en varias de sus Comisiones la dimensión de la internacionalización y la globalización de la ingeniería. Algunas de ellas son:

- ✓ Perspectivas y Desafíos de la Ingeniería Chilena (2001).
- ✓ La Globalización de los Servicios de Ingeniería originados en Chile (SGI) (2011).
- ✓ Factores Condicionantes del éxito en Proyectos de Inversión (2012).
- ✓ Habilitación profesional de Ingenieros en Chile (2016).

No obstante, estas iniciativas son pocas con respecto a la magnitud y complejidad

del desafío de la ingeniería en la globalización.

Es necesario aumentar el esfuerzo y la articulación de actores en torno a este desafío.

9. Estrategias en la formación de ingenieros para una sociedad global

Para mejorar la inserción y participación de los ingenieros chilenos en la sociedad global, es necesario dar especial atención a los siguientes aspectos de los procesos de formación:

a) Mejorar los índices de titulación de los ingenieros

En las últimas décadas y debido a la gran demanda de ingenieros desde el sector minero y otras industrias, las universidades chilenas han realizado un importante esfuerzo para aumentar las vacantes. Sin embargo, debido a las bajas tasas de titulación ello no se traduce necesariamente en un aumento significativo del número de titulados. Por lo tanto, más que seguir aumentando las vacantes, los esfuerzos principales debieran orientarse a mejorar los índices de retención de los estudiantes, particularmente en los primeros años de las carreras, de modo de lograr efectivamente un aumento importante del número de ingenieros titulados al año.

Adicionalmente, es necesario considerar el balance admisión/retención de estudiantes en función del número total de ingenieros requeridos en los diversos ámbitos y especialidades. Pero teniendo presente que el mejoramiento de la retención es lo más relevante, independientemente de la situación del mercado laboral.

Esto, teniendo presente que hay una población creciente de ingenieros extranjeros trabajando en Chile que ya alcanza varios miles.

b) Desarrollar los postgrados en ingeniería

Los excesivos tiempos promedios de duración de los estudios en Chile desincentivan la prosecución de estudios de postgrado por los ingenieros.

La inserción en la economía global requiere, en muchos casos, ingenieros con formación de postgrado, por lo que es necesario crear las condiciones para incrementar la cantidad de profesionales que alcancen grados académicos de magíster y también de doctorado en las especialidades relevantes. Una estrategia para aumentar significativamente la formación de postgrado es que las universidades incrementen la oferta de programas de magísteres profesionales, compatibles con las jornadas de trabajo de los ingenieros.

Esto plantea el desafío de hacer atractivos y viables económicamente los postgrados para los ingenieros. Y con ello superar la barrera del alto empleo para ingenieros, en general bien remunerado, que desincentiva a continuar estudios de postgrado.

c) Mayor formación práctica

La formación de los ingenieros en países asiáticos y europeos tiene un importante componente de formación práctica, a través de proyectos relacionados con el sector productivo, y de estadías de varios meses en la industria, lo que está incorporado en los planes de estudio, con una supervisión estructurada y compartida entre la empresa y la universidad.

En Chile existen algunas carreras en que la práctica profesional aún no es obligatoria, y en muchos casos estas prácticas son cortas y sin una adecuada supervisión. Por otra parte, los trabajos finales de titulación, en la mayoría de los casos, tienen una orientación principalmente teórica, y la metodología de estudio de casos reales no está incorporada en forma masiva ni es suficientemente profunda respecto de los desafíos de ingeniería.

Es necesario, por lo tanto, incorporar en las universidades chilenas mejores estrategias para vincular en forma efectiva la formación de los ingenieros con las industrias y otros ámbitos del ejercicio de la profesión, tal como está ocurriendo en los países avanzados.

d) Desarrollo del emprendimiento y la innovación

El emprendimiento es una dimensión que está estrechamente vinculada a la participación de la ingeniería en la economía global. Por ello, la incorporación de estrategias para desarrollar la capacidad de emprendimiento y la innovación, constituye una herramienta importante para el ingeniero que busque incorporarse en el mercado global. Principalmente, por medio de la vinculación temprana con emprendedores; el desarrollo de proyectos emprendedores e innovadores y otras. La economía global es un medio que siempre va a estar planteando nuevos desafíos al ingeniero, exigiendo asumir riesgos y sobreponerse a situaciones imprevistas y, a veces, adversas.

El éxito de los SGI está basado en gran parte en las capacidades de emprendimiento e innovación de los ingenieros, que deben poner a prueba tales capacidades en un medio altamente competitivo. Por lo tanto, es indispensable desarrollar estas competencias en el proceso de formación de los ingenieros, mediante estrategias efectivas, tales como el diseño y construcción de prototipos en laboratorios tipo FabLab, el desarrollo de proyectos de innovación, la participación en trabajos de desarrollo tecnológico y otros.

El emprendimiento y la innovación constituyen una dimensión importante para la participación de la ingeniería en la economía global.

e) Desarrollo de la capacidad de trabajo interdisciplinario

La ingeniería es interdisciplinaria por naturaleza, ya que es una profesión que busca resolver problemas, diseñar nuevas soluciones y sistemas, y todo ello requiere el aporte de diversas disciplinas, su articulación y convergencia.

Sin embargo, el avance del conocimiento ha impulsado durante el siglo XX la fragmentación de la ingeniería en varias especialidades, lo que a menudo ha generado dificultades de comunicación y de trabajo en equipo. En este escenario, la interdisciplinariedad ha surgido como una actividad cada vez más requerida ante la complejidad y el carácter multidisciplinario de los problemas reales, particularmente los que abordan los desafíos de la urbanización, las diversas industrias, el transporte público, el cambio climático y varios otros. Más aún si esto se plantea en el ejercicio de la profesión en servicios globales.

Es indispensable, por lo tanto, que la formación de los ingenieros incorpore estrategias de trabajo en equipos interdisciplinarios, orientados a la resolución de problemas reales con características de complejidad y relevancia.

f) Movilidad internacional de estudiantes

La inserción temprana de los estudiantes de ingeniería en otras culturas, a través de estadías en universidades extranjeras, constituye un buen ejercicio para desarrollar las competencias de desenvolvimiento en contextos internacionales.

Esta práctica se ha instalado masivamente en las universidades europeas en el marco del proceso de Bolonia y también en diversos otros países asiáticos, de Norteamérica y Oceanía (Australia principalmente).

En Chile la movilidad estudiantil es aún escasa, pese a que existe un creciente interés de parte de los estudiantes por participar de ellas. Las principales barreras son el financiamiento, el dominio del idioma correspondiente y la falta de convenios internacionales con compromiso suficiente de apoyo por parte de las universidades. Pese a que existe conciencia e interés por avanzar en este ámbito, es de la mayor relevancia llevar a cabo las estrategias que permitan superar las barreras mencionadas y lograr aumentar significativamente el intercambio de estudiantes con universidades extranjeras durante estadías cortas, de uno o dos semestres, a lo largo de su carrera.

g) Dominio del idioma inglés

El dominio del idioma inglés constituye una herramienta ineludible para ejercer la profesión en el contexto internacional.

Debido al nivel deficitario que traen los estudiantes desde la enseñanza media, las escuelas de Ingeniería han debido abordar el reforzamiento del idioma inglés y la principal dificultad para alcanzar este objetivo es el poco espacio que pueden brindarle dentro de sus planes de estudio. A ello se suma el insuficiente interés de parte de los estudiantes que, en muchos casos, logran aprobar las asignaturas de inglés sin alcanzar los aprendizajes propuestos.

Por ello, resulta recomendable implementar la estrategia de certificar el dominio del idioma inglés mediante algunos de los instrumentos internacionales reconocidos, independientemente de las vías que puedan utilizar los estudiantes para alcanzar el nivel de dominio requerido.

h) Competencias en el dominio digital

El ejercicio profesional en el medio global exige el dominio de las tecnologías digitales de última generación y la capacidad para adaptarse rápidamente a los cambios e innovaciones en este ámbito.

Tales competencias deben ser necesariamente adquiridas durante la etapa formativa del profesional en la universidad, mediante el empleo permanente de esta herramienta durante el proceso de enseñanza-aprendizaje y ser parte integrante de su metodología de trabajo.

CAPÍTULO V

TEMAS RELEVANTES DE LA FORMACIÓN DE INGENIEROS EN CHILE

En este capítulo se abordan algunos temas relevantes de la formación de ingenieros en Chile. Estos temas han sido seleccionados para ilustrar algunas de las características que inspiran y representan los propósitos y el quehacer formativo, en algunos de sus aspectos destacados. Pero, no pretenden mostrar un cuadro exhaustivo.

Aunque en Chile existen varios tipos de ingeniería, en este capítulo se analiza la formación de ingenieros de base científica, es decir aquellas que otorgan una licenciatura en ciencias de la ingeniería y conducen a un título profesional de ingeniero civil o uno esencialmente equivalente⁴¹. Legalmente, los títulos profesionales de las carreras de Ingeniería Civil pueden ser otorgados en forma exclusiva sólo por universidades y antes del título profesional deben, además, entregar el grado de Licenciado en Ciencias de la Ingeniería que les permite continuar estudios de postgrado, de acuerdo a lo que establece la Ley LOCE 19.584⁴².

Para el análisis se han tomado como base los antecedentes disponibles como información secundaria ya sean documentos o contenidos que se encuentra en las páginas de internet de las universidades consultadas. También se considera la información solicitada directamente a las universidades por medio de una encuesta especialmente elaborada para estos efectos y las presentaciones efectuadas ante la CFI por los decanos de facultades de Ingeniería del país o sus representantes.

Las universidades contenidas en el análisis son, entre otras, aquellas cuyos alumnos, egresados y titulados pueden pertenecer al Instituto de Ingenieros de Chile: Universidad de Chile (UCh), Pontificia Universidad Católica de Chile (PUC), Universidad de Concepción (UDEC), Universidad Diego Portales (UDP) y Universidad de Santiago de Chile (USACH).

Las especialidades que ofrecen las siete universidades cuyos estudiantes, egresados y titulados pueden ingresar al Instituto de Ingenieros de Chile se indican en la Tabla V.1. Se aprecia que la UDP se concentra en 3 especialidades mientras la UDEC presenta una gama de 15 especialidades.

⁴¹ Comisión Nacional de Acreditación, 2016. Acreditación de carreras, 2016.

⁴² Ley LOCE 19.584.

En las secciones que se presentan a continuación se abordan los siguientes temas: perfiles de ingreso, currículo, duración de carreras, satisfacción de empleadores ingresados, conclusiones.

1. Perfiles de Egreso

El perfil de egreso se refiere al que la institución declara como el desempeño esperado de un egresado considerando las habilidades logradas en el proceso formativo, incluyendo las competencias tanto técnicas como transversales adquiridas en él.

En los apartados siguientes se exponen los aspectos relevantes de los perfiles de egreso de las universidades chilenas: requerimientos generales (1.1); requerimientos específicos (1.2).

Tabla V.1: Especialidades que ofrecen las Universidades cuyos estudiantes, egresados y titulados pueden ingresar al Instituto de Ingenieros de Chile.											
	Universidad										
Especialidad	UCH	PUC	PUCV	UDEC	UTFSM	USACH	UDP				
Industrial	X	X ⁺	X	X	X	X	X				
Civil u Obras Civiles	x*	X ⁺	x	x	X	X	X				
Computación o Informática	X	X	X	X	X	X	x**				
Mecánica	X	X	X	X	X	X					
Electricista o Eléctrica	X	X	X	X	X	X					
Química	x		X	x	x	X					
Electrónico			X	x	X						
Minas	x		x	x	x	X					
Metalúrgica			x	x	x	X					
Bioquímica			x								
Matemática	X			x	X						
Agrícola o Agroindustria				x							
Geografía						X					
Biotecnología	X	X									
Ambiental					X						
Materiales				x							
Aeroespacial				X							
Telecomunicaciones				x			x**				
Biomédica				x							
Geomática o Telemática					X						

Obs. +: con Diplomas; *: con menciones; **: corresponde a misma carrera.

Fuente: páginas de Internet de las respectivas universidades.

1.1. Requerimientos generales de los perfiles de egreso

1.1.1. Desarrollo en las universidades e influencia de la Iniciativa CDIO

En el proyecto MECESUP UCH0403 sobre renovación curricular de ingeniería civil en la Universidad de Chile y en la Pontificia Universidad Católica de Chile⁴³, se creó la Comisión de Competencias, Perfiles y Currículos (CPC), siendo uno de sus objetivos específicos determinar las habilidades y competencias requeridas por los egresados de Ingeniería. Para dichos efectos se determinaron las competencias generales y específicas en los distintos niveles de formación (ciclo básico, licenciatura y titulación), junto con elaborar perfiles profesionales por especialidad, considerando las necesidades actuales y futuras del medio y la empleabilidad. La principal referencia metodológica usada en ambas universidades se basó en la iniciativa CDIO (basada en las funciones Concebir-Diseñar- Implementar y Operar) y, en especial, en el Syllabus CDIO que señala que el proceso educativo en ingeniería debe conducir a que los graduados tengan las competencias señaladas en el Cuadro II.2 del capítulo II de este informe.

El Syllabus CDIO, adoptado por la Escuela de Ingeniería de la Universidad de Chile en el 2007, entrega una extensa lista de competencias con diferentes niveles de detalle, por lo que se convierte en un excelente apoyo para el análisis de competencias y permite incorporar competencias locales que recogen la identidad de cada universidad.

Por otra parte, Yutronic⁴⁴ reconoce como atributos relevantes de un graduado de ingeniería los siguientes:

- Responsabilidad respecto de los desafíos y de las personas.
- Actitud positiva frente a los problemas.
- Flexibilidad para adaptarse a diferentes funciones y contextos.
- Disposición a trabajar en equipo.
- Capacidades para trabajar con recursos escasos.
- Orientación al mejoramiento continuo.
- En general, automotivación.
- Orientación al liderazgo en las organizaciones.
- Capacidades de emulación y mejoramiento.
- Iniciativa y actitud emprendedora.
- Afición por el orden y el intento de sistematizar.

⁴³ Comisión de competencias, perfiles y currículo, proyecto MECESUP UCH0403, 2006. Informe Preliminar y Propuesta Metodológica para la Determinación de Competencias del Ingeniero Civil y Especialidades. www.reing.cl

⁴⁴ Yutronic J. 2013. Formando Ingenieros para un Mundo Cambiante: Brechas Relevantes y Estrategias. Segunda Reunión Latinoamericana CDIO. Santiago, 3 de abril 2013.

1.1.2. Contribución del Proyecto Tuning Latinoamérica

Otras iniciativas como Tuning Latinoamérica están contribuyendo a las universidades chilenas y también se basan, en parte, en el Syllabus CDIO. Es así como el proyecto Tuning Latinoamérica⁴⁵ reconoce las siguientes competencias genéricas para los graduados de carreras universitarias.

- Capacidad de abstracción, análisis y síntesis.
- Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica.
- Capacidad para organizar y planificar el tiempo.
- Conocimientos sobre el área de estudio y la profesión.
- Responsabilidad social y compromiso ciudadano.
- Capacidad de comunicación oral y escrita.
- Capacidad de comunicación en un segundo idioma.
- Habilidades en el uso de las tecnologías de la información y de la comunicación.
- Capacidad de investigación.
- Capacidad de aprender y actualizarse permanentemente.
- Habilidades para buscar, procesar y analizar información procedente de fuentes diversas.
- Capacidad crítica y autocrítica.
- Capacidad para actuar en nuevas situaciones.
- Capacidad creativa.
- Capacidad para identificar, plantear y resolver problemas.
- Capacidad para tomar decisiones.
- Capacidad de trabajo en equipo.
- Habilidades interpersonales.
- Capacidad de motivar y conducir hacia metas comunes.
- Compromiso con la preservación del medio ambiente.
- Compromiso con su medio sociocultural.
- Valoración y respeto por la diversidad y multiculturalidad.
- Habilidad para trabajar en contextos internacionales.
- Habilidad para trabajar en forma autónoma.
- Capacidad para formular y gestionar proyectos.
- Compromiso ético.
- Compromiso con la calidad.

En particular, el proyecto Tuning postula que, al finalizar la titulación de Ingeniería Civil, los egresados deben tener la capacidad de:

⁴⁵ Benavente R. 2007. "Las Competencias del Ingeniero Civil definidas en el contexto del Proyecto Tuning-América Latina".

- Aplicar conocimientos de las ciencias básicas y ciencias de la ingeniería civil.
- Identificar, evaluar e implementar las tecnologías más apropiadas para su contexto.
- Crear, innovar y emprender para contribuir al desarrollo tecnológico.
- Concebir, analizar, proyectar y diseñar obras de ingeniería civil.
- Planificar y programar obras y servicios de ingeniería civil.
- Construir, supervisar, inspeccionar y evaluar obras de ingeniería civil.
- Operar, mantener y rehabilitar obras de ingeniería civil.
- Evaluar el impacto ambiental y social de las obras civiles.
- Modelar y simular sistemas y procesos de ingeniería civil.
- Dirigir y liderar recursos humanos.
- Administrar los recursos materiales y equipos.
- Comprender y asociar los conceptos legales, económicos y financieros para la toma de decisiones, gestión de proyectos y obras de ingeniería civil.
- Abstracción espacial y representación gráfica.
- Proponer soluciones que contribuyan al desarrollo sostenible.
- Prevenir y evaluar los riesgos en las obras de ingeniería civil.
- Manejar e interpretar información de campo.
- Utilizar tecnologías de la información, software y herramientas para la ingeniería civil.
- Interactuar con grupos multidisciplinarios y dar soluciones integrales de ingeniería civil.
- Emplear técnicas de control de calidad en los materiales y servicios de ingeniería civil.

En general, las universidades chilenas han ido adoptando este tipo de especificaciones, y algunas de ellas ya lo planteaban parcialmente antes de este proyecto. La adopción se ha venido realizando en forma heterogénea y desfasada en el tiempo.

A nivel declarativo, es común encontrar planteamientos similares entre las universidades. No obstante no se identifican los mecanismos para verificar que esos perfiles de egresos efectivamente se cumplan en la realidad.

En relación con las competencias específicas de Informática se indica que los egresados sean capaces de:

- Aplicar el conocimiento de ciencias de la computación, de tecnologías de la información, y de las organizaciones, para desarrollar soluciones informáticas.
- Concebir, diseñar, desarrollar y operar soluciones informáticas basándose en principios de ingeniería y estándares de calidad.
- Aplicar el enfoque sistémico en el análisis y resolución de problemas.
- Aplicar fundamentos matemáticos, principios algorítmicos y teorías de Ciencias de la Computación en la modelación y diseño de soluciones informáticas.
- Desempeñar diferentes roles en proyectos informáticos, en contextos multidisciplinarios y multiculturales, tanto locales como globalizados.

- Aplicar su conocimiento en forma independiente e innovadora en la búsqueda de soluciones informáticas, con responsabilidad y compromiso social.
- Identificar oportunidades para mejorar el desempeño de las organizaciones por medio del uso eficiente y eficaz de soluciones informáticas.
- Liderar procesos de incorporación, adaptación, transferencia y producción de soluciones informáticas para apoyar los objetivos estratégicos de las organizaciones.
- Aplicar estándares de calidad en el desarrollo y evaluación de soluciones informáticas.
- Comprender y aplicar los conceptos éticos, legales, económicos y financieros para la toma de decisiones y para la gestión de proyectos informáticos.
- Liderar emprendimientos en la creación de productos y servicios vinculados con la informática.
- Aplicar metodologías de investigación en la búsqueda, fundamentación y elaboración de soluciones informáticas.
- Asimilar los cambios tecnológicos y sociales emergentes.

Como competencias transversales de pertinencia especial en informática se señalan:

- Capacidad de trabajar en contextos globalizados.
- Compromiso con la ética de la profesión.
- Capacidad de aprender y actualizarse permanentemente.
- Capacidad de autocrítica.
- Capacidad de negociación.
- Capacidad de comunicación en inglés.

1.1.3. Planteamientos del Colegio de Ingenieros

Para el Colegio de Ingenieros de Chile los programas de estudio de los ingenieros que desean afiliarse como Socios Activos⁴⁶ de dicha institución deben estar diseñados para preparar profesionales capacitados para actuar en el más alto nivel de responsabilidad, en las diferentes actividades relacionadas con la Ingeniería. Esto significa que el contenido curricular debe ser amplio, incluyendo tanto a las Matemáticas, Ciencias Naturales, Ciencias de la Ingeniería de diferentes especialidades, Ciencias Sociales y Humanistas, como también a las disciplinas o materias de la especialidad que corresponda. Señala además que su formación académica debe ser integral, para lo cual los programas de estudios deben considerar una adecuada mezcla de conocimientos teóricos y de ejercicio en talleres, laboratorios o seminarios donde se adquieran los conocimientos y la comprensión de las ciencias y tecnologías

⁴⁶ http://www.ingenieros.cl/calificacion-de-titulos-profesionales-de-ingenieros-para-admision-de-socios-activos/

que correspondan y las habilidades y la formación básica para la práctica de la profesión. Para ello se indica que el programa de estudios debe permitir desarrollar en los graduados la capacidad para:

- Identificar y resolver en forma eficiente los problemas que son susceptibles de tratar con los modelos e instrumentos de la profesión.
- Determinar las limitaciones en el ejercicio de sus actividades profesionales, circunscribiendo su actuación a las áreas de su especialidad.
- Comprender y aplicar las obligaciones éticas, legales y contractuales relevantes a su trabajo.
- Utilizar en forma correcta los factores significativos para la ingeniería en el ámbito técnico, social, económico y ambiental.
- Conocer los sistemas de gestión de calidad y seguridad.
- Entender y aplicar los conceptos relacionados con la responsabilidad social.
- Asumir las responsabilidades propias del liderazgo.

Considera también el Colegio de Ingenieros que los programas de estudios deben permitir desarrollar en los graduados las habilidades para:

- Mantener vigente y actualizados, durante la vida profesional, los conocimientos y prácticas de la ingeniería de su especialidad.
- Dirigir y administrar eficientemente proyectos, personas, recursos y tiempo.
- Trabajar en equipos multidisciplinarios.
- Manejar el idioma inglés en los aspectos técnicos y comunicacionales que involucre el desempeño de la profesión.
- Comunicarse eficientemente en forma oral y escrita.
- Ser creativo e innovador.
- Desenvolverse en el mundo globalizado.

Los programas de estudios de los Ingenieros, cualquiera sea su área de competencia, deben incluir un contenido extenso y profundo de las matemáticas hasta su nivel superior, por provenir de las matemáticas las herramientas fundamentales para la comprensión y posterior aplicación del resto de los conocimientos que se exige a los Ingenieros.

El Colegio considera que para cumplir estos objetivos, los planes de educación superior deben tener una duración total que incluya entre 3.200 y 3.600 horas lectivas, unas 500 horas de práctica e incluir una memoria, trabajo o proyecto de titulación, o bien la exigencia de la aprobación de un examen de grado. La duración total de las carreras de Ingeniería Civil dependerá del nivel de preparación en las ciencias básicas con que se ingresa a las carreras, y de la amplitud y profundidad de los conocimientos y práctica profesional que exige el perfil profesional de cada especialidad.

1.2. Requerimientos específicos de las Universidades Chilenas sobre perfiles de egreso

Tal como se muestra a continuación, los atributos de los egresados de las distintas especialidades de ingeniería civil en Chile incluyen, en primer lugar, las competencias técnicas pero no dejan de lado las competencias transversales tales como el trabajo en equipo y la comunicación efectiva.

1.2.1. Universidad de Chile (UCH)

El objetivo del nuevo Plan de Estudios de la Escuela de Ingeniería de la Universidad de Chile –que comenzó a regir desde el 2007– es preservar y robustecer los aspectos positivos que han caracterizado y destacado tradicionalmente a los profesionales de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de esta Universidad, y además desarrollar habilidades adicionales que fortalezcan su condición de profesional global, innovador y de excelencia.

En relación a la formación de los ingenieros, se busca asegurar los siguientes logros:

- Alcanzar un fuerte dominio de las matemáticas y de las ciencias básicas, incluyendo la capacidad para diseñar experimentos, obtener, utilizar e interpretar datos y ser capaces de aplicar estos conocimientos donde ellos se requieran.
- Adquirir una fuerte formación en ciencias de la ingeniería y tener dominio de la tecnología actual y adaptarse a los cambios que ella experimente.
- Desarrollar la capacidad de diseño en ingeniería y tener la capacidad de plantear y resolver problemas abiertos o que requieran un enfoque multidisciplinario y trabajo en equipo.

De la misma forma todos los egresados deben cumplir con los siguientes requisitos:

- Desarrollar tanto la capacidad de invención, innovación y emprendimiento, como el pensamiento crítico.
- Adquirir y ejercitar la capacidad de autoaprendizaje, y tomar conciencia de la importancia de mantener este hábito una vez egresados. Podrán proseguir estudios de postgrado si lo desean, con el fin de maximizar su aporte en la creación y adaptación de tecnologías en los sectores productivos.
- Comunicarse en forma efectiva, en forma oral, escrita y gráfica, tanto en castellano como en inglés y esta capacidad debe ejercitarse a lo largo de todo el plan de estudios.
- Adquirir competencia en análisis económico y administración, independientemente de la especialidad que sigan.
- Comprender su rol en la sociedad y reconocer la importancia de un comporta-

miento ético tanto en los estudios como en la posterior vida profesional, y actuar en consecuencia.

1.2.2. Pontificia Universidad Católica de Chile (PUC)

Los perfiles que declara esta institución para sus egresados se diferencian según su especialización, sin embargo se mantienen características comunes como son:

- Capacidad de identificar, formular y resolver problemas complejos y abiertos de la Ingeniería, cumpliendo con las especificaciones técnicas y legales impuestas por el contexto de los problemas y satisfaciendo todas las restricciones económicas, ambientales, sociales y éticas.
- Identificar innovaciones y emprendimientos tecnológicos en diferentes ámbitos de la Ingeniería.
- Trabajar y colaborar con éxito en equipos, asumiendo con responsabilidad, diversos roles en entornos multidisciplinarios.
- Comunicarse en forma efectiva en diversos contextos, tanto en forma oral como escrita, en castellano e inglés.
- Enriquecer proactivamente su formación mediante la búsqueda y actualización de investigaciones, fuentes bibliográficas e innovaciones, en las actividades desarrolladas en el programa de Pregrado.

1.2.3. Universidad de Concepción (UDEC)

El Ingeniero Civil formado en la Universidad de Concepción es caracterizado como un profesional universitario capaz de⁴⁷:

- Identificar, formular y resolver problemas complejos de ingeniería dentro del ámbito de su especialidad aplicando conocimientos de matemática, ciencias e ingeniería.
- Proveer soluciones considerando criterios económicos, sociales y ambientales en el medio, dando cuenta de su capacidad de gestión y de innovación tecnológica. Implementar, operar y evaluar sistemas, componentes o procesos de ingeniería.
- Desarrollar investigaciones y estudios detallados de aspectos técnicos de su especialidad, a través del diseño y conducción de experimentos y del análisis e interpretación de sus resultados.
- Diseñar sistemas, componentes o procesos sustentables de ingeniería para satisfacer las necesidades del medio.
- Desarrollarse en forma efectiva como líder en equipos multidisciplinarios y multiculturales.

⁴⁷ Fuente: Presentación ante Comisión de Formación de Ingenieros del Instituto de Ingenieros, abril 2015.

- Comunicarse de manera efectiva en su ámbito profesional y relacionarse de manera adecuada en inglés.
- Comprender la responsabilidad profesional, social y ética asociada a su desempeño como ingeniero, así como el impacto de la ingeniería en un contexto global, económico, ambiental y social.
- Reconocer la necesidad y tener la capacidad para desarrollar voluntariamente el aprendizaje continuo.

1.2.4. Universidad de Santiago de Chile (USACH)

Los componentes del sello formativo institucional de la Universidad de Santiago se han representado en los perfiles de egreso como resultados de aprendizaje, en términos de las siguientes habilidades generales, actitudes y valores:

Habilidades generales:

- Capacidad de aprendizaje autónomo.
- Capacidad de trabajo en equipo.
- Capacidad de liderazgo
- Capacidad para comunicarse efectivamente en español de forma oral, escrita y simbólica.
- Capacidad de pensamiento crítico.
- Capacidad de comunicarse en forma oral, escrita y técnica a nivel intermedio en Inglés.

Actitudes y Valores:

- Comprensión de la responsabilidad profesional, social y ética en todo contexto en que se desenvuelva.
- Disposición hacia el emprendimiento y la innovación.
- Conciencia de los impactos de su quehacer profesional en el medio social, ambiental y económico.
- Adaptabilidad a cambios y contextos diversos.

2. Currículo

La Tabla V.2 indica la estructura general del currículo en algunas universidades. Para efectos de comparación se utiliza el sistema de créditos transferibles, SCT, que se definen en función de las horas de trabajo semanal durante el semestre, de duración 16 a 17 semanas.

La licenciatura (ver casos de planes de estudio en dos universidades en Fig. V.1 y V.2) incluye cursos de Ciencias Básicas, Fundamentos de la Ingeniería y formación integral, que muchas veces son asignaturas comunes de las diversas especialidades de licenciatura en ciencias de la ingeniería, seguidas de cursos obligatorios y electivos de ciencias de la ingeniería propios de cada especialidad. Ver casos de planes de estudio en dos universidades en Fig. V.1 y V.2.

Luego de la licenciatura, de 8 semestres de duración, continúa un conjunto de cursos obligatorios y electivos de la especialidad, existiendo en algunos casos cursos de formación integral ligados a la profesión que, en general, totalizan 6 años de estudios universitarios.

La mayoría de las carreras incluyen tres prácticas profesionales, una de ellas en la licenciatura.

Las actividades de titulación están en general referidas a la elaboración de un trabajo de título o memoria que finaliza con un examen de título de defensa de dicho trabajo; se diferencia dicho examen de aquel que posee el currículo de la Pontificia Universidad Católica de Chile que corresponde a un examen de conocimientos.

Tabla V.2: Estructura general del currículo en universidades chilenas.												
Univ.	Licenciado en Ciencias de la Ingeniería				Actividad de Titulación							
	Ciencias Básicas+ Fundamentos de la Ingeniería	Especialidad+ Electivas+ Formación General o Integral	# Prácticas Obrero	Obligatorios Especialidad	Electi- vas u optativas	Formación General o Integral	# Prácticas Prof.					
UCH	120	114	1	24 a 72¹	12 a 60¹	6 ²	2	Memoria ³				
PUC	114	126	1	54	24		2	Examen				
UDEC	129 a 155			50 a 75	160 h	Memoria						
PUCV ⁴	103	48	S.I.	24	6	8	S.I.	Memoria ³				
UDP	249		1	61 1			1	Memoria ³ , taller Profesional o artículo				

Fuente: Encuesta y Presentaciones ante Comisión de Formación de Ingenieros del Instituto de Ingenieros.

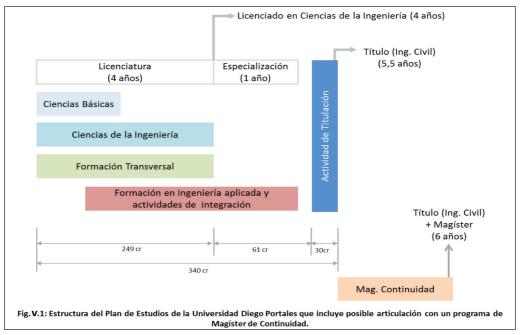
Observaciones:

¹ La suma de obligatoria y electivas totaliza entre 81 a 93 SCT, excepto Ingeniería Civil en Computación que considera 30 SCT obligatorias y 30 SCT electivas.

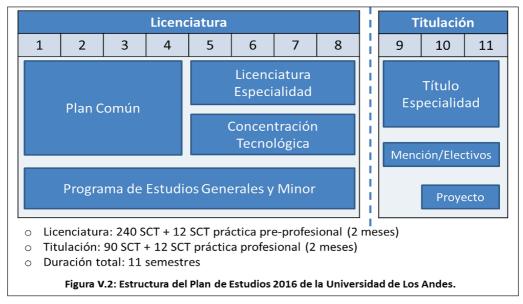
² Ingeniería Civil Industrial considera satisfecho el requisito con cursos obligatorios.

³ Se incluyen dos cursos obligatorios que totalizan 24 ó 30 SCT que finalizan con el examen de título.

⁴ Se ha considerado la carrera de Ingeniería Civil Química.



Fuente: Presentaciones ante Comisión de Instituto de Ingenieros (Junio 2015).



Fuente: Presentaciones ante Comisión de Instituto de Ingenieros (Mayo 2015).

Como se ha expresado en otros capítulos de este informe, están en curso decenas de iniciativas de renovación y armonización curricular en las universidades chilenas.

La mayoría de ellas están apoyadas con financiamiento y orientaciones provenientes de los programas MECESUP e ingeniería 2030 de CORFO.

3. Duración de carreras

En ninguna ley o normativa existente en nuestro país se establecen los años de duración de las carreras de Ingeniería Civil. En el Decreto con Fuerza de Ley 1 sobre educación superior, del año 1981, se establece "Para los efectos de determinar la duración de los estudios universitarios, cada universidad reglamentará los períodos académicos en los que éstos se deben desarrollar, la forma de su medición y años de estudio". Es así que hoy existen ingenierías civiles de 6, 5,5 y 5 años de duración.

El Colegio de Ingenieros de Chile considera que para cumplir los objetivos de formación, los planes de educación superior deben tener una duración total que incluya entre 3.200 y 3.600 horas lectivas (de las cuales 1.000 horas de ciencias básicas y 1.000 horas de ciencias de la ingeniería), unas 500 horas de práctica e incluir una memoria, trabajo o proyecto de titulación, o bien la exigencia de la aprobación de un examen de grado. Señala además que la duración total de las carreras de Ingeniería Civil dependerá del nivel de preparación en las ciencias básicas con que se ingresa a las carreras, y de la amplitud y profundidad de los conocimientos y práctica profesional que exige el perfil profesional de cada especialidad.

En la Tabla V.3 se señala duración nominal y real de las carreras de algunas universidades en Chile. Los antecedentes presentados en la Tabla 3 se condicen con los presentados por el SIES (2014)⁴⁸ donde se señala que en el país varias carreras de Ingeniería Civil tienen duraciones reales cercanas a los 17 semestres, observándose que en algunas especialidades la duración bordea los 19 semestres. Considerando que la duración formal promedio es de 11,7 semestres, es excesivo un aumento real cercano al 60%.

Tabla V.3: Duración de las carreras de Ingeniería Civil en universidades chilenas.							
	UC	CH	PU	JC	UD	EC	
Especialidad	Nominal (semestres)	Real (semestres)	Nominal (semestres)	Real (semestres)	Nominal (semestres)	Real ⁽²⁾ (semestres)	
Industrial	12	15,5	12	14,6	12(3)	14,06	
Civil u Obras Civiles	12	15,8	12	15,2	12	15,12	
Computación o Informática	11	15,9	12	15,2	11	15,68	
Mecánica	12	14,9	12	15,2	12	14,80	
Electricista o Eléctrica	12	15,1	12	15,2	12	18,12	
Química	12	15,0			12	15,22	
Electrónico					12	14,74	

⁴⁸ SIES, 2014. "Duración real de las carreras en Chile. Programas de Pregrado y Postgrado". Ministerio de Educación, Chile.

Continuación Tabla V.3.

Minas	12	15,4			11	s/i ⁽⁴⁾
Metalúrgica					11	15,14
Matemática	12	15,3				
Biotecnología	12	14,8	12	15,2		
Materiales					11	14,50
Aeroespacial					12	14,00
Telecomunicaciones					12	13,40
Biomédica					12	12,42

Fuente: SIES (2014).

Observaciones:

En este cuadro se puede apreciar la significativa diferencia entre las duraciones nominales y las duraciones reales de las carreras en Chile.

Un análisis resumido sobre la duración nominal de las carreras de Ingeniería Civil a nivel país es el que señala la Comisión de Capital Humano del Instituto de Ingenieros⁴⁹ y que se muestra en la Tabla V.4. La disminución de la duración de los estudios desde el año 2003 se atribuye a la necesidad de sintonizar las carreras en el contexto global. Esta reducción afecta en mayor medida a la cantidad de horas lectivas dedicadas a las ciencias básicas, agregándose horas a las tecnologías de la información y en algunos casos, a biología. Además se reduce el número de asignaturas de ciencias de la ingeniería, trasladando las materias del ciclo profesional a programas de postítulo o posgrado.

Tabla V.4: Duración de las carreras de Ingeniería Civil en universidades del CRUCH y privadas.							
Universidades	12 semestres	11 semestres	10 semestres	Total			
CRUCH	99 53,2%	61 32,8%	26 14,0%	186			
Privadas	4 7,1%	22 39,3%	30 53,6%	56			
Total	103 42,6%	83 34,3%	56 23,1%	242			

Fuente: Comisión Capital Humano para la Competitividad del Instituto de Ingenieros de Chile⁵⁰.

¹ Promedio observado en los años 2010, 2011 y 2012.

² Semestre de ingreso hasta semestre de fecha de Decreto de Título.

³ A partir del ingreso 2013 la duración nominal es de 11 semestres.

⁴ Ingreso a partir de 2013.

⁴⁹ Instituto de Ingenieros de Chile, 2013. Capital Humano para la Competitividad. El caso de la Ingeniería Civil.

⁵⁰ Informe de Raúl Benavente, 2017.

En el registro hecho por el profesor Raul Benavente se puede apreciar un aumento del número de carreras de ingeniería chilenas que han estado por disminuir sus duraciones nominales. Esta dinámica está alineada con las tendencias internacionales y las orientaciones de las agencias públicas chilenas.

4. Satisfacción de empleadores y egresados

En otros capítulos de este informe se presentan antecedentes sobre la valoración de los empleadores y egresados sobre la formación que reciben los ingenieros chilenos, en particular respecto de algunas de sus competencias.

Por otra parte, es común que las universidades chilenas realicen algunos levantamientos de información sobre el grado de satisfacción de los empleadores y egresados en el marco de los procesos de acreditación de carreras de ingeniería.

En el marco del proyecto Tuning Latinoamérica, en el año 2006 se realizó una encuesta sobre competencias específicas de los ingenieros civiles, tratando de evaluar el grado de importancia que se atribuía a cada una y el grado de realización de ésta, ambas en escala de 1 a 4. En las Tablas V.5 y V.6 se presentan los resultados.

Ta	Tabla V.5: Comparación de la importancia de las competencias de los ingenieros.						
Num	Competencia	Graduados	Estudiantes	Empleadores	Académicos		
v04	Concebir, analizar, pro- yectar y diseñar obras de ingeniería	3,761	3,799	3,761	3,769		
v01	Aplicar conocimientos de las ciencias básicas y ciencias de ingeniería	3,584	3,526	3,657	3,711		
v06	Construir, supervisar, inspeccionar y evaluar obras de ingeniería	3,725	3,734	3,775	3,668		
v17	Utilizar tecnologías de la información, software y herramientas	3,685	3,782	3,690	3,644		
v05	Planificar y programar obras y servicios de inge- niería civil	3,737	3,664	3,708	3,633		
v02	Identificar, evaluar e im- plementar las tecnologías más apropiadas	3,638	3,613	3,617	3,608		
v16	Manejar e interpretar información de campo	3,622	3,614	3,629	3,601		
v18	Interactuar con grupos multidisciplinarios y dar soluciones	3,472	3,461	3,543	3,555		

Continuación Tabla V.5.

v15	Prevenir y evaluar los riesgos en las obras de ingeniería civil	3,578	3,694	3,555	3,542
v03	Crear, innovar y empren- der para contribuir al de- sarrollo tecnológico	3,497	3,589	3,496	3,526
v19	Emplear técnicas de control de calidad en los materiales	3,510	3,569	3,658	3,490
v08	Evaluar el impacto ambiental y social de las obras civiles	3,391	3,526	3,426	3,420
v14	Proponer soluciones que contribuyan al desarrollo sostenible	3,394	3,443	3,389	3,415
v12	Comprender y asociar los conceptos legales, económicos	3,616	3,619	3,569	3,405
v11	Administrar los recursos materiales y equipos	3,493	3,504	3,601	3,388
v10	Dirigir y liderar recursos humanos	3,488	3,407	3,545	3,362
v07	Operar, mantener y rehabilitar obras de ingeniería civil	3,423	3,492	3,446	3,356
v09	Modelar y simular siste- mas y procesos de inge- niería civil	3,271	3,386	3,340	3,321
v13	Abstracción espacial y representación gráfica	3,126	3,120	3,270	3,261

Fuente: Informe Proyecto Tuning Latinoamérica, 2006.

Observaciones: Rúbrica utilizada: 1 nada, 2 poco, 3 suficiente, 4 mucho.

La Tabla V.6 muestra el alto grado de importancia que asignan a todas estas competencias tanto los empleadores como los estudiantes, graduados y académicos y con un alto grado de correlación en las respuestas especialmente entre empleadores y graduados. Sin embargo, la Tabla V.6 muestra que la satisfacción por el logro de las competencias no es tan significativo, aunque también se observa una alta correlación en las respuestas entre empleadores y graduados.

7	Tabla V.6: Comparación de la realización de las competencias de los ingenieros.						
Num	Competencia	Graduados	Estudiantes	Empleadores	Académicos		
v01	Aplicar conocimientos de las ciencias básicas y ciencias de ingeniería	3,155	3,024	3,066	3,079		
v04	Concebir, analizar, pro- yectar y diseñar obras de ingeniería	2,864	2,798	2,981	2,987		
v05	Planificar y programar obras y servicios de inge- niería civil	2,735	2,622	2,833	2,801		
v16	Manejar e interpretar información de campo	2,790	2,696	2,926	2,734		
v06	Construir, supervisar, inspeccionar y evaluar obras de ingeniería	2,491	2,379	2,707	2,684		
v17	Utilizar tecnologías de la información, software y herramientas	2,517	2,330	2,786	2,671		
v19	Emplear técnicas de control de calidad en los materiales	2,631	2,567	2,789	2,640		
v13	Abstracción espacial y representación gráfica	2,756	2,525	2,766	2,585		
v02	Identificar, evaluar e implementar las tecnologías más apropiadas	2,556	2,495	2,651	2,565		
v11	Administrar los recursos materiales y equipos	2,466	2,530	2,614	2,475		
v12	Comprender y asociar los conceptos legales, económicos	2,352	2,537	2,386	2,377		
v03	Crear, innovar y empren- der para contribuir al de- sarrollo tecnológico	2,339	2,370	2,455	2,364		
v07	Operar, mantener y rehabilitar obras de ingeniería civil	2,142	2,179	2,413	2,323		
v15	Prevenir y evaluar los riesgos en las obras de ingeniería civil	2,325	2,585	2,456	2,317		
v18	Interactuar con grupos multidisciplinarios y dar soluciones	2,270	2,197	2,378	2,268		

Continuación Tabla V.6.

v14	Proponer soluciones que contribuyan al desarrollo sostenible	2,261	2,377	2,375	2,229
v10	Dirigir y liderar recursos humanos	2,055	2,210	2,323	2,202
v09	Modelar y simular sistemas y procesos de ingeniería civil	2,323	2,351	2,499	2,201
v08	Evaluar el impacto ambiental y social de las obras civiles	2,095	2,341	2,274	2,189

Fuente: Informe Proyecto Tuning Latinoamérica, 2006.

Observaciones: Rúbrica utilizada: 1 nada, 2 poco, 3 suficiente, 4 mucho.

5. Conclusiones

De lo expuesto en los acápites anteriores parece claro destacar que los perfiles de egreso incluyen, en general, una declaración de formación sólida en ciencias básicas y en los aspectos técnicos propios de cada especialidad y también del desarrollo de habilidades transversales, como son la capacidad de autoaprendizaje, trabajo en equipo, liderazgo y comunicación oral y escrita, entre otras.

A pesar de ello, muchos egresados carecen de estas habilidades, lo que plantea dudas sobre la efectividad de los programas de estudio. Más aún considerando que algunos profesores y alumnos no se interesan por su desarrollo.

En cuanto al currículo, se aprecia que hay licenciaturas en las universidades que tienen gran flexibilidad, dando mayor importancia a los ramos electivos, otras, a los ramos de formación integral, mientras otras presentan un currículo fijo.

En general, en la licenciatura se considera 1 ó 2 años iniciales con cursos de ciencias básicas, seguidos de otros 2 años con cursos de fundamentos de la ingeniería propios de la especialidad. Parece necesario establecer una homologación de los currículos de las licenciaturas en las carreras de Ingeniería Civil. En lo que se refiere a los currículos de las especialidades, parece conveniente analizar la inclusión de cursos obligatorios de carácter más profesional en las licenciaturas, para disminuir la duración nominal de las carreras.

Especial énfasis debe darse a las medidas enfocadas a disminuir la duración de las carreras de Ingeniería, asegurando la calidad de la formación.

CAPÍTULO VI

ANÁLISIS DE ALGUNAS EXPERIENCIAS INNOVADORAS DE LA FORMACIÓN DE INGENIEROS EN CHILE

En este capítulo se realiza un análisis de algunas experiencias innovadoras en la formación de ingenieros en el país, principalmente con el propósito de determinar los avances obtenidos y los desafíos a superar para lograr, en definitiva, el desarrollo del país mediante ingenieros bien formados de acuerdo a las necesidades de nuestros tiempos.

Esto se aborda en las siguientes secciones: Introducción en la perspectiva histórica, objetivo y alcance del análisis, contexto de las políticas nacionales, innovaciones educativas, conclusiones.

1. Introducción

La Educación en Ingeniería ha recibido particular atención desde hace varias décadas en Chile, así como en otros países, principalmente bajo la premisa de que la formación de ingenieros es demasiado estática comparada con la dinámica del correspondiente sector profesional. La Ingeniería está comprometida directamente con el desarrollo económico y su productividad asociada, por lo cual se ve sometida a constante presión para aportar nuevos recursos y soluciones de relevancia nacional. En comparación, las universidades suelen tener una cultura más conservadora en lo docente y menos abierta a la innovación que el ejercicio avanzado de la ingeniería. Por estas razones, y de diversas maneras, los gobiernos aplican políticas y mecanismos para actualizar y mejorar la formación de profesionales, entre ellos los ingenieros. A continuación se ilustran algunas de esas políticas y sus resultados, como aspecto introductorio.

En los Estados Unidos la acreditación de carreras de Ingeniería se inició en 1932 con la agencia ABET, que a la fecha continúa impulsando el mejoramiento de la calidad educativa en esta disciplina, cada vez con mayor fuerza. Esta política ha sido reforzada a partir del inicio de los 2000 con una política complementaria impulsada por la National Science Foundation, que está enfocada a financiar proyectos piloto comprometidos con el logro de determinados resultados de aprendizaje.

Complementariamente, en nuestro contexto regional la UNESCO, en 1973, or-

ganizó un seminario sobre la educación de ingenieros y la industria en América Latina (UNESCO, 1973). La Corporación de Promoción Universitaria, por su parte, convocó en 1984 a un seminario dirigido al análisis de la formación de ingenieros en Chile (CPU, 1987). Adicionalmente, en 1987 se iniciaron los congresos (inicialmente denominados jornadas) Nacionales de Educación en Ingeniería que, a la fecha, han reportado anualmente sobre la concepción y realización de innovaciones docentes.

Un escenario similar es posible encontrar en Argentina y Brasil, en nuestra región, así como otras experiencias comparables en Europa, Oceanía y Asia.

Un hito relevante, a partir del año 2002, es la implementación en Chile de la acreditación de carreras, entre ellas de Ingeniería. En el presente la acreditación se ha masificado y con ello ha aumentado la presión por actualizarse, asegurar calidad e innovar.

Es posible sumar numerosas otras actividades y actores relacionados con el trabajo educativo en esta disciplina, en Chile y en el extranjero, que han aportado su esfuerzo para hacer más pertinente la Educación en Ingeniería a las necesidades de los respectivos países.

Es necesario destacar, como contrapunto a lo anterior, que a pesar de los esfuerzos de académicos e instituciones, hacia el año 2010 las brechas eran suficientemente importantes, como se ha mencionado en los capítulos anteriores de este informe. En consecuencia, se generaron 2 programas de agencias públicas chilenas orientados a superar tales brechas: Los Convenios de Desempeño de MECESUP (2011) y el Programa Ingeniería 2030 de CORFO (2014), que es evolución y ampliación de la iniciativa de InnovaChile, Nueva Ingeniería para el 2020. Esto es un claro indicador de que las innovaciones realizadas en los períodos anteriores no cumplían suficientemente con las necesidades y expectativas nacionales. El Programa Ingeniería 2030 está orientado a potenciar la vinculación de algunas facultades de Ingeniería chilenas con el medio productivo, así como con otras instituciones que contribuyen a la formación de ingenieros, como una estrategia esencial para mejorar la relevancia social de ella.

2. Objetivo y alcances del análisis

El objetivo de este capítulo es analizar las innovaciones realizadas, o en proceso, en las facultades de Ingeniería nacionales, como una contribución a la caracterización del estado actual de la formación de ingenieros, lo cual constituye la línea base para la formulación de nuevas propuestas innovadoras.

Un análisis crítico de los avances o innovaciones realizados a la fecha por las facultades de Ingeniería, hace necesario precisar los criterios que determinan lo que se acepta como innovación, así como los criterios con que se juzgan dichas innovaciones.

En relación a los criterios que determinan las innovaciones, ellos pueden asociarse en primera instancia a los criterios de acreditación de carreras. De acuerdo a éstos, de una adecuada formación profesional se esperan resultados de aprendizaje en los dominios cognitivo, procedimental y actitudinal, y una inserción laboral que cumpla con las expectativas, tanto del sector laboral como de los egresados. En esto, el sector laboral se entiende como el quehacer profesional productivo, en la perspectiva del desarrollo nacional de corto y largo plazo. A éstas, que deben ser las condiciones suficientes de logro, se agregan condiciones necesarias relativas a la disponibilidad de recursos humanos académicos, planes de estudio actualizados, recursos docentes y financieros, gestión y organización de apoyo, y sustentabilidad global.

En consonancia con lo anterior, para los fines de este capítulo se consideran innovaciones los cambios realizados en las facultades de Ingeniería, o en su contexto institucional, que contribuyen directa o indirectamente a potenciar las condiciones necesarias o suficientes para el logro de los resultados de aprendizaje e inserción laboral esperados en los estudiantes que egresan de las carreras de Ingeniería.

La relevancia de estas innovaciones se puede estimar en función de la pertinencia social de sus resultados e impactos efectivos que son, en último término, lo que interesa a la sociedad.

Los comentarios que más adelante se hacen sobre las innovaciones en Educación en Ingeniería se refieren, esencialmente al período 2000-2014, que es en el cual ha operado el programa MECESUP. Este programa ha aportado la mayor parte de los recursos que las universidades han invertido en mejoramiento educativo.

Complementariamente, gran parte de la información institucional analizada proviene de las facultades de Ingeniería cuyos estudiantes egresados y titulados pueden ser miembros del Instituto de Ingenieros de Chile. El concepto de "Facultades de Ingeniería", referido al ámbito nacional, engloba historias y condiciones institucionales diversas. Por lo tanto, los antecedentes y comentarios que aquí se presentan no se aplican por igual a dichas facultades. Algunas de ellas tienen, a la fecha, un grado de desarrollo mayor que otras, habiendo logrado innovar con mayor efectividad. Sin embargo, esta sección no se refiere a universidades en particular, sino que busca caracterizar la situación nacional general.

En lo que sigue se entregan algunos antecedentes más específicos del contexto nacional, de políticas en que se han desenvuelto las universidades en el período, se destacan las innovaciones más relevantes y sistémicas, y se cierra con una sección de conclusiones.

3. Contexto de políticas nacionales

En este capítulo se abordan algunas innovaciones educativas estimuladas en las universidades chilenas principalmente por MECESUP y en menor grado por otras agencias públicas.

3.1. Contribución de las diversas agencias públicas

Dos importantes agentes que han impulsado el cambio en la calidad de la formación universitaria son el programa MECESUP y, complementariamente, CONICYT y CORFO. El primero ha impulsado las políticas de mejoramiento por medio de proyectos orientados al incremento de infraestructura, desarrollo curricular, incorporación y formación de académicos de mayor nivel, y el fortalecimiento de capacidades de gestión y de apoyo a la docencia. CONICYT ha fomentado la investigación científica y aplicada y también la formación de investigadores. Ambas instituciones han aportado financiamiento que tanto han facilitado, como condicionado, las innovaciones educativas (Canales et al., 2008). Asimismo, y más recientemente, CORFO ha contribuido a las universidades con algunos programas que favorecen la investigación aplicada en ámbitos productivos de importancia para el país, en innovación tecnológica y de otro tipo, en la transferencia de resultados de investigación y desarrollo al medio, y desde 2014 con el Programa Ingeniería 2030.

Por otra parte, como ha sido señalado, los procesos de acreditación de carreras conducidos por la CNA, y realizados por las agencias de acreditación, están contribuyendo a generar innovaciones educacionales.

A partir de 2016 existe una iniciativa del Ministerio de Educación sobre los marcos de cualificaciones, lo cual también implica la generación de innovaciones educacionales en las universidades chilenas una vez que se pongan en funcionamiento.

En el período considerado han sido significativos los esfuerzos, en términos de inversión pública, en que ha incurrido el país para mejorar los resultados en el proceso de formación en Ingeniería, así como también en la transferencia de la Ingeniería hacia áreas de desarrollo estratégico del país (minería, energía, biotecnología, agricultura, acuicultura, y otros). Los fondos concursables han presentado, en el período, un aporte considerable en relación al gasto realizado, para los mismos fines, por las facultades de Ingeniería nacionales con presupuesto propio u otras fuentes. No se dispone de datos confiables sobre el gasto en mejoramiento realizado antes de 2000, pero se debe tener presente que los fondos concursables aparecieron precisamente para paliar la escasez de recursos.

3.2. Casos de MECESUP y CONICYT

En este estudio se muestran cifras de inversión que diversas fuentes de financiamiento público han destinado a potenciar, ya sea tanto a través de la formación de capital humano avanzado en Ingeniería, como en la transferencia de la Ingeniería al sector productivo nacional. Los años seleccionados en que se pudo procesar información comparable no cubren todo el período, pero son una muestra significativa.

Los casos estudiados son MECESUP y CONICYT y sus respectivos programas en el período 2008-2011; con el propósito de caracterizar las innovaciones resul-

tantes, y las brechas por superar. Los componentes de estos programas se indican a continuación:

MECESUP - Innovación académica

Fortalecimiento e internacionalización de Doctorados Desarrollo de Personal Académico para la Investigación y para la Gestión Mejoramiento de los Resultados Docentes Modernización Curricular Basada en Resultados de Aprendizaje y Competencias

CONICYT

FONDECYT

FONDEF

Programa de Formación de Capital Humano Avanzado

Información Científica

Programas de investigación asociativa

Programa Regional

Programa del departamento de relaciones internacionales

Astronomía

Programa de atracción e inserción de capital humano avanzado

Programa Explora

Tabla VI.1. Montos totales en miles de pesos, por cada programa, destinados a proyectos relacionados con Ingeniería y Tecnología.							
1 ,	2008	2008 2009 2010 2011					
FONDECYT	5.027.585	5.134.687	6.043.171	8.113.441			
FONDEF	6.196.927	5.317.072	7.618.382	438.000			
Programa de Formación de Capital Humano Avanzado	15.585.484	46.967.452	66.131.809	65.735.036			
Información Científica	8.400	9.700	20.590	14.327			
Programas de investigación asociativa	0	950.000	143.044	1.074.764			
Programa Regional	0	925.000	0	1.001.881			
Programa del departamento de relaciones internacionales	68.479	131.408	272.496	306.165			
Astronomía	135.144	88.301	21.436	90.000			
Programa de atracción e inserción de capital humano avanzado	0	446.800	435.320	644.060			
Programa Explora	29.613	62.457	16.191	17.315			

Continuación Tabla VI.1.

MECESUP - Innovación académica	1.515.560	0	0	2.204.812
TOTAL	28.567.192	60.032.877	80.702.439	79.639.801
Total agregado para los 4 años en miles de pesos del año 2011	254.803.642 M\$ (aprox. 510 MMU\$)			

Fuente: Elaboración a partir de datos de CONICYT y MECESUP, 2012.

En la Tabla VI.1 se presentan las inversiones realizadas por estas agencias en los ámbitos de ingeniería y tecnología en el período 2008-2011.

Las cifras mostradas en la tabla, al ser complementadas con los valores anteriores a 2008 y posteriores a 2011, debería al menos duplicar el valor total de inversión en el área de Ingeniería y Tecnología. Se puede apreciar una inversión de más de US\$500 millones en 4 años.

Un aspecto que representa una diferencia entre las instituciones lo constituyen las donaciones que obtienen algunas de éstas, y que se traducen en infraestructura o medios de apoyo a la docencia. No se conocieron evidencias que hagan pensar que ese aspecto ha sido presupuestariamente comparable al que han aportado los fondos concursables.

3.3. Los casos de CNA y CORFO

Como se ha dicho, otros agentes relevantes de políticas gubernamentales para Ingeniería son la Comisión Nacional de Acreditación-CNA, que ha impulsado innovaciones a través de la acreditación institucional y de carreras y CORFO, con el financiamiento de iniciativas que relacionan ciencia, tecnología, innovación y negocios, y muy especialmente con el Programa Ingeniería 2030.

No se presenta en este capítulo el análisis de las contribuciones que estas agencias están realizando. No obstante, se hacen planteamientos para que ellas aborden los desafíos existentes.

3.4. Efectos de las políticas públicas

Un estudio reciente (CINDA, 2014) revela que las políticas nacionales, salvo en casos especiales, como Medicina y Pedagogía, no han dirigido los esfuerzos de innovación educativa hacia la evaluación de aprendizajes, perfiles de egreso incluidos. Esta situación implica que no se dispone de antecedentes objetivos sobre los efectos que han tenido las innovaciones en la formación de ingenieros de las generaciones atingentes. La información que se ha recogido de los egresados y empleadores, por medio de los procesos de acreditación ha sido, en general, solo relativamente confia-

ble, debido a que dichos procesos no incluyen consultas debidamente estructuradas.

Se puede inferir que dada la poca orientación que han tenido las políticas gubernamentales hacia la evaluación de resultados e impactos, juzgadas por las asignaciones de recursos dirigidos a ese objetivo, es altamente probable que varios objetivos educativos financiados en sus etapas de diseño e implementación inicial no hayan conducido suficientemente a los resultados esperados. En Ingeniería, así como en Educación en Ingeniería, no es lo común que un primer diseño o innovación genere totalmente los resultados esperados, sin pasar por etapas sucesivas de evaluación y revisión. Ese proceso de evaluación-revisión, en términos globales, no se ha dado en el país, en particular en la formación de ingenieros. Otros factores relacionados con la cultura universitaria, mencionados en la última sección, refuerzan la anterior suposición.

El análisis de innovaciones educativas en Ingeniería se aborda en la sección 4 en términos generales, de acuerdo a los objetivos de generar una comprensión de las transformaciones reales que han ocurrido.

En otros capítulos de este informe se ahonda en las razones que hay, en los ámbitos productivos y gubernamentales, para considerar que la formación de ingenieros debe ser mejorada frente a la integración internacional del país y a la dinámica del avance científico-tecnológico. En síntesis, los ingenieros chilenos en general, al egresar de la universidad, todavía parecen tener falencias formativas en sus capacidades de hacer del conocimiento científico-tecnológico un efectivo recurso de innovación con impacto económico, y de desenvolverse eficazmente en un contexto que, actualmente, demanda nuevas habilidades relacionadas con modos de trabajos cambiantes, variables interculturales y estándares crecientes de efectividad.

4. Innovaciones educativas

En este capítulo se abordan algunas innovaciones educativas realizadas en las universidades chilenas, principalmente por MECESUP y en menor grado por otras agencias públicas.

4.1. Innovaciones educativas asociadas a MECESUP

Las políticas del programa MECESUP en especial, complementadas con los recursos de CONICYT, han fomentado inversiones relacionadas con la formación de ingenieros, principalmente en los ámbitos que a continuación se indican. En esta presentación ellas se describen en términos genéricos, no asociándoselas a instituciones determinadas, ya que el centro de atención del estudio está en las innovaciones más generalizadas que han repercutido mayormente en las facultades de Ingeniería y en sus respectivas instituciones.

4.1.1. Infraestructura

Al inicio de la década de los 2000 se financió una gran variedad de proyectos de las universidades del CRUCH que, en lo esencial, estaban orientados a la implementación de nuevos laboratorios, salas de clases, bibliotecas y espacios para unidades de apoyo a la docencia, entre otros.

Estas inversiones cambiaron significativamente, para la mayoría de estas universidades, la calidad de sus espacios. Particularmente cabe destacar los laboratorios de Ciencias Básicas y de especialidades de Ingeniería, algunos con capacidades para docencia innovadora e interactiva.

4.1.2. Recursos humanos

Bajo diversos conceptos, tales como adquisición de grados académicos en Chile y en el extranjero, estadías y pasantías en otros países, contratación de académicos con postgrados, contratación de profesionales de apoyo, y contratación de expertos para la realización de talleres de capacitación o para acompañar cambios educativos, se han invertido sustanciales recursos para fortalecer los cuerpos académicos en su dimensión docente.

En particular, una parte relevante del gasto se orientó a capacitar a los académicos en materias curriculares, debiéndose destacar aquella relacionada con la formación por competencias.

4.1.3. Cambios curriculares

Con posterioridad a la inversión en infraestructura, el programa MECESUP priorizó el cambio curricular, considerando, principalmente:

- Diseño o rediseño de perfiles de egreso.
- Rediseño de planes de estudio.
- Creación de redes de especialidad.
- Fomento a las salidas intermedias de las carreras.
- Acortamiento de carreras de Ingeniería Civil.
- Inclusión del sistema de créditos transferibles (SCT).
- Implementación de sistemas de diagnóstico de estudiantes y remediales.
- Fortalecimiento a las sinergias internas dentro de las facultades.

En estas innovaciones, las universidades fijaron sus prioridades y los proyectos fueron examinados por evaluadores de especialidad que aplicaron sus propios criterios en relación a lo que se podía considerar como calidad y pertinencia.

Más allá del fomento a la incorporación de expertos externos, de libre elección por las universidades, no hubo mayores señales oficiales dirigidas a las necesidades formativas que, en el presente, se consideran prioritarias.

4.1.4. Gestión educativa

Bajo denominaciones como centros, unidades de apoyo, programas y otros, se crearon en el período múltiples instancias técnicas de apoyo a la docencia. Sus objetivos principales han sido apoyar continuamente los cambios educativos mediante el concurso de profesionales, capacitar académicos en materias docentes, monitorear procesos, administrar sistemas de diagnóstico y remediales, y apoyo a la gestión docente general.

4.1.5. Efectos de las primeras innovaciones y generación de nuevas

Las innovaciones indicadas constituyen elementos necesarios para el mejor logro de los resultados terminales de la formación de ingenieros. Efectos observables han sido: el mejoramiento de las condiciones de trabajo de alumnos y académicos; la incorporación de conocimiento actualizado sobre materias educativas relevantes a la Ingeniería; el avance hacia una cultura de compromiso con la calidad y el aseguramiento de la misma; la creación de cargos profesionales de apoyo a la gestión docente; y el aumento del nivel académico del profesorado; entre otros aspectos.

Además de las acciones de mejoramiento descritas, las Facultades de Ingeniería, individualmente, han realizado innovaciones específicas, difíciles de detallar exhaustivamente, de las cuales se presenta a continuación un conjunto:

- Creación de centros de investigación aplicada interdisciplinaria.
- Programas de innovación y emprendimiento.
- Articulación efectiva entre pre y postgrado.
- Programas de doble titulación con universidades extranjeras.
- Programas de movilidad estudiantil.
- Nuevas modalidades de admisión orientadas a la inclusión.
- Flexibilización curricular intrainstitucional.
- Creación de laboratorios y talleres orientados al aprendizaje activo.
- Implementación del aprendizaje-servicio.
- Fomento y apoyo a las iniciativas estudiantiles emprendedoras.
- Creación de vínculos efectivos con empresas.
- Apertura de carreras con nuevas especialidades de Ingeniería, algunas de ellas interdisciplinarias.

En 2007, el programa MECESUP convocó a un concurso, con el objetivo de evaluar el impacto de los proyectos MECESUP en los aprendizajes de los estudiantes. La información accesible sobre los resultados de ese estudio indica que se constatan numerosas evidencias de mejoramiento, inducidas por los nuevos laboratorios, recursos informáticos de apoyo a la docencia, incorporación o capacitación de docentes, y algunos cambios de metodologías didácticas, en particular.

Aun hacia 2015 hay numerosas evidencias que permiten aseverar que la efec-

tividad de las innovaciones, medidas por los nuevos logros de aprendizajes comprometidos en los perfiles de egreso, es incierta. La docencia organizada en asignaturas independientes sigue prevaleciendo; las vinculaciones de las Facultades de Ingeniería con el medio externo no han cambiado significativamente todavía; las universidades siguen dando un fuerte peso a la investigación disciplinaria en las carreras académicas de los profesores, y no se han implementado, en general, incentivos para atraer mayor dedicación a la docencia innovadora. Todos esos son factores que ponen en duda que los rediseños curriculares hayan inducido grandes cambios en las prácticas educativas. Ha habido declaraciones oficiales del programa MECESUP que indican que aún no se transita suficientemente de la etapa de diseño a la etapa de implementación masiva y de exhibición de resultados e impactos en temas curriculares.

Ha imperado una política de *laissez-faire*, en todos los ámbitos políticos, que ha conducido a que cada institución refuerce sus propios modos de trabajo, sin necesariamente buscar una estrecha relación con las necesidades del entorno. Parte de esta situación obedece también al sistema de financiamiento, que obliga a las universidades a concentrarse más en la demanda de los estudiantes que en las necesidades del mercado laboral.

4.2. Innovaciones educacionales asociadas a CONICYT

Las políticas impulsadas por CONICYT, por otra parte, han fortalecido la investigación disciplinaria, particularmente incrementando el número de investigadores universitarios, el número de proyectos en ejecución y el gasto en investigación.

Estas políticas solo tangencialmente han apuntado a mejorar la docencia propiamente tal. Los vínculos entre investigación y docencia se evidencian explícitamente en el fomento a la realización de tesis y trabajos de titulación relacionados con la investigación; a la actualización curricular con los resultados de I+D. Complementariamente, las políticas nacionales de ciencia y tecnología suponen que la calidad de la docencia mejora cuando los docentes son investigadores.

4.3. Innovaciones educacionales asociadas a CNA

Otro agente importante en relación a la innovación educativa, ya citado, es el Sistema Nacional de Aseguramiento de la Calidad de la Educación Superior el cual, no obstante que no aporta financiamiento, ha contribuido eficazmente a impulsar los cambios. Sin embargo, la acreditación no es suficientemente eficaz para cautelar que los cambios respondan efectivamente a las necesidades del país.

4.4. Innovaciones educacionales asociadas a CORFO

Desde hace poco más de 15 años, CORFO ha venido apoyando la innovación y el desarrollo tecnológico y el emprendimiento en las universidades chilenas por medio de diversos concursos. Varias de esas contribuciones han ayudado a generar espacios de mejoras educacionales en ingeniería. Por ejemplo, laboratorios avanzados, talleres para prototipos, oficinas de apoyo a la transferencia tecnológica de los resultados de I+D, desarrollo de la propia intelectual, actividades de emprendimiento e innovación de académicos y estudiantes, profundización de la vinculación con las industrias.

A partir de 2014 se está implementando el programa Ingeniería 2030 que busca sistematizar la transformación de las facultades de Ingeniería chilenas de acuerdo a los estándares internacionales.

En particular en los siguientes ámbitos:

- Actualización curricular y posgrados tecnológicos.
- Investigación y desarrollo aplicado y vinculación con la industria.
- Comercialización de tecnología y emprendimiento.
- Internacionalización.
- Capital humano y gestión del cambio.

Este programa busca acelerar y sistematizar los cambios necesarios y en las Facultades de Ingeniería, en particular en lo que respecta a la formación de ingenieros. No obstante, a pesar de su auspicioso y motivador avance, todavía es temprano para realizar un análisis de su efectividad y contribución, teniendo presente que la evaluación de medio término se realiza a fines de 2017.

4.5. Necesidades claves

Una formación en Ingeniería bien sintonizada con el entorno nacional e internacional implica varias condiciones necesarias que van más allá de la existencia de una adecuada infraestructura, académicos competentes y de reformas curriculares. Algunas de esas condiciones son:

• Una vinculación bien estructurada y funcional entre las Facultades de Ingeniería y el medio productivo. Esto implica activa participación de los académicos en proyectos de investigación y desarrollo relacionados directamente con las empresas, participación de profesionales externos como docentes y asesores curriculares, sistemas bien organizados de prácticas para los estudiantes a lo largo de su carrera, y retroalimentación periódica sobre la calidad y pertinencia de la formación. En esta dirección se ha avanzado en los últimos años y hay expec-

tativas fundadas que el Programa Ingeniería 2030 de CORFO tenga impacto significativo en esta materia.

- Laboratorios y talleres con recursos avanzados, aptos para el trabajo innovador de los estudiantes, que les permitan explorar y poner en práctica sus ideas con el concurso de los académicos y el soporte de un diseño curricular ad hoc. Algunas Facultades de Ingeniería han incorporado o están incorporando laboratorios de prototipado rápido y otros recursos que cumplen con este objetivo.
- Planes de estudio que integren claramente teoría y práctica, en que los métodos de aprendizaje, formas de evaluar y resultados esperados estén bien definidos y sean conducentes a una formación integradora.
- Formas de gestión académica que aseguren que los docentes se motiven hacia una docencia innovadora que haga de la relación teoría-práctica su *leit motiv* principal.

Las innovaciones realizadas dan cuenta, sólo en parte, de la primera condición enunciada. Si a esto se une el cumplimiento de las condicione suficientes, planteadas anteriormente como criterio de evaluación de las innovaciones, se llega a lo ya indicado, es decir, que no se encuentran suficientes evidencias de que los resultados de aprendizajes logrados y la inserción laboral cumplan los requisitos de efectividad que se declara que el país necesita, según lo expuesto en otros capítulos de este informe.

5. Conclusiones

A partir de lo anteriormente expuesto, a continuación se plantean las conclusiones sobre las experiencias innovadoras de educación en ingeniería en Chile. Principalmente en: avances reales en las innovaciones educacionales, brechas y desafíos relevantes, planteamientos finales.

5.1. Avances reales en innovaciones educacionales

5.2. Brechas y desafíos relevantes

En la sección anterior se asevera que las innovaciones educativas deseables no parecen haber ocurrido mayoritariamente, de acuerdo a los criterios que oportunamente se enunciaron para su realización.

En esta sección de cierre se profundiza en los factores que parecen determinar la actual situación, como fondo para destacar algunas acciones u opciones que sean pertinentes para superar este estado de cosas.

Varias décadas de políticas de *laissez-faire* en el país, en materias académicas y económicas, han conducido en las universidades a un estado en que, en las más tradicionales, la autoridad se ha distribuido bajo el concepto de la autonomía universitaria. Las diversas Facultades suelen tener mucha autonomía, lo que entraba la puesta en acción de innovaciones de envergadura, como son los cambios curriculares orientados a la formación de capacidades o competencias de alta relevancia laboral para el país.

En este escenario, desde los años 90 los gobiernos han implementado incentivos, en la forma de proyectos concursables, para estimular el cambio educativo, pero sin un claro foco y marco regulatorio que lo oriente. Es importante destacar que, en el presente, hay tres fuentes de financiamiento, a saber, MECESUP, CONICYT y CORFO que, teóricamente deberían inducir avances complementarios. CORFO ha entrado al escenario solo recientemente, apuntando a financiar proyectos que conduzcan a desarrollo tecnológico, innovación y emprendimiento, también dentro de una política de *laissez-faire*, es decir, con libertad para elegir las áreas de innovación.

En teoría, MECESUP fortalece la docencia, CONICYT la investigación y postgrado, y CORFO la vinculación con el medio y la innovación. Este cuadro, aparentemente muy coherente, tiene sin embargo faltas de alineación, que en parte explican la situación en que se encuentran las Facultades de Ingeniería. El cambio docente requerido es de carácter sistémico, involucrando a estudiantes, académicos, directivos, normativas, etc. Por lo tanto, es demandante de un gran esfuerzo, determinado por la complejidad de los ajustes curriculares requeridos y por la inercia y cultura institucionales, que se oponen al cambio en alto grado. Su realización exige, por lo tanto, de liderazgo, orientaciones precisas, estándares e incentivos que no se han puesto completamente en juego, como regla general.

El impacto de la investigación en las Facultades de Ingeniería debe ser considerado con bastante atención. Existe en el mundo una cultura de investigación académica, que cultivan las universidades con bastante libertad, siguiendo el modelo de universidad de Humboldt. En la actualidad, ese modelo ha puesto a las universidades en el rol de generadoras principales del conocimiento científico. Ese rol, en otra proporción, lo complementan a nivel internacional algunas grandes empresas, laboratorios independientes, hospitales y otros. La ciencia, a pesar de algunas influencias políticas que la afectan, tiende a tener su propia dinámica, en que los avances siguen cierta lógica determinada por la influencia que el conocimiento existente tiene sobre la definición y abordaje de nuevos objetivos y problemas. Tal dinámica suele ser independiente de la dinámica paralela de desarrollo social y productivo de los países⁵¹.

Las universidades más destacadas en los países occidentales, tradicionalmente han estado fuertemente comprometidas con el avance científico que, de esta mane-

⁵¹ Letelier et al., 2012.

ra, se ha transformado en un indicador de prestigio y calidad académica.

La Universidad de Harvard es, en el presente, un referente sobresaliente en esta perspectiva para muchas universidades en el mundo. La academia predominante en Chile ha seguido ese "modelo Harvard", consciente o inconscientemente. En la cultura universitaria nacional el prestigio de la investigación académica es fuerte y se expresa en los indicadores de calidad usados por el MINEDUC, CNA, CRUCH y otras instancias políticas. Indicadores usados son las publicaciones en revistas de alto impacto, proyectos FONDECYT, cantidad de doctores y cantidad de programas de doctorado. Muchas universidades nacionales dan incentivos a quienes publican en revistas de impacto, ganan proyectos en los fondos concursables, además de los incentivos que estos proyectos aportan a los investigadores. Este panorama implica que, si bien por una parte la investigación enriquece potencialmente la docencia relacionada con el conocimiento de base científica, por otra parte atrae con fuerza el interés de los académicos por el prestigio que conlleva y los incentivos que aporta, que hasta aquí no son comparables a los que se asocian a la docencia de pregrado. Por lo tanto, las políticas MECESUP y CONICYT, en la práctica, no son plenamente consistentes. Los deseables cambios educativos se enfrentan, según lo antedicho, a la doble dificultad de la necesidad de superar una cultura organizacional poco apta para cambios de envergadura, y de la competencia de otro ámbito de trabajo académico que para muchos resulta más atractivo.

Complementariamente, para Ingeniería deberían resultar atractivos los ámbitos de apoyo económico de CORFO a la investigación aplicada y a la generación de innovaciones y emprendimiento. Esta línea de trabajo potencia la "Tercera Misión": la vinculación con el medio, y tiene potencial para fortalecer la docencia en la relación teoría-práctica. Sin embargo, el trabajo en desarrollo e innovación es consumidor de tiempo, tiene incentivos propios que, en el plano económico, pueden llegar a ser mayores que los que aporta la investigación; y tiende a alejar de la investigación académica.

Las instancias gubernamentales que, como MINEDUC, CONICYT, CORFO y CNA impactan en las universidades con sus políticas de financiamiento y regulación, parecen suponer que estas instituciones académicas tienen capacidad y liderazgo interno para conjugar todas las variables indicadas y generar políticas internas de desarrollo coherentes para ellas y para el país.

Parecería que la realidad es que la autonomía académica, unida a la insuficiencia de orientaciones nacionales en cuanto al uso que de la ciencia y tecnología proyecta el país, conducen a que las universidades, y Facultades de Ingeniería asociadas, busquen equilibrio político interno y sustentabilidad económica como primeras prioridades. Ello induce a que los académicos elijan con libertad sus metas de desarrollo personal, en que tiende a prevalecer la dimensión económica. En este escenario parece improbable que se generen innovaciones educativas sistemáticas y masivas como las que se buscan en el presente y que el país necesita.

5.3. Planteamientos relevantes

En síntesis, se pueden destacar los factores que deben ser considerados para producir innovaciones educativas en Ingeniería del calibre que el país necesita.

Ellos son:

• Visión integrada de la transformación

Más de una década de inversiones en innovaciones en las Facultades de Ingeniería, muestra que los recursos y orientaciones generales no bastan para producir todos los cambios necesarios en el rango de los aprendizajes y en la formación efectiva para los escenarios profesionales que se perfilan para esta especialidad. Hay variables de cultura organizacional que, unidas a las indefiniciones de algunas políticas públicas, dificultan los cambios.

• Nuevas formas de organización

Lograr una interacción efectiva entre investigación científica, vinculación con el medio y docencia de pregrado, requiere de una organización diferente a las que actualmente tienen las Facultades de Ingeniería.

Como mínimo se requiere establecer un liderazgo que induzca y asegure cambios, establecer incentivos que favorezcan la integración de esas tres actividades y que permitan que los académicos dediquen sus esfuerzos a una docencia enriquecida, tanto por la investigación como por la vinculación con el medio, sin verse sometidos a las actuales contradicciones.

Estas, típicamente, implican que a los académicos se les pide dediquen gran tiempo y esfuerzo a los cambios docentes y a la vinculación con el medio, pero por otra parte se asigna más peso a la investigación en su jerarquización académica y en la asignación de incentivos.

• Agenda de desarrollo relevante en ingeniería

Es necesario que el país genere políticas públicas de mediano y largo plazo que definan, dentro de cierto rango, los alcances de contribución de la Ingeniería, y con ella su soporte de ciencia y tecnología, para fines de desarrollo social y económico. Se vislumbran dos sectores generales que considerar, a saber, el productivo, que es cambiante, en alta medida incierto, pero que usualmente implica una demanda creciente por el conocimiento científico-tecnológico, y el sector estructural, o basal del país, que debe mirar hacia sus necesidades en infraestructura, energía, seguridad, enfrentamiento de amenazas naturales (cambio climático, terremotos, maremotos, actividad volcánica, deshielos, etc.) y otros. Es fundamen-

tal que Chile tenga una agenda de desarrollo en estos ámbitos y supere la lógica de sólo considerar los productos de la libre iniciativa.

A modo de comentario final, parece lícito indicar que si la Ingeniería es tan relevante para los países, según se pregona universalmente, y si la actual cultura universitaria limita su deseable evolución en el ámbito educativo, entonces se deben considerar políticas públicas que permitan que las universidades apliquen concepciones organizacionales especiales para las Facultades de Ingeniería, o considerar la posibilidad de crear instituciones nuevas que puedan cultivar la educación en Ingeniería de acuerdo con las necesidades del país y sin las actuales limitaciones. Esas nuevas instituciones podrían asumir la forma de universidades tecnológicas, centros o laboratorios que actúen de interfase entre el sector productivo y las actuales universidades, o unidades con estatuto propio, pero pertenecientes a las universidades.

Todo ello, con los mejores estándares internacionales.

CAPÍTULO VII

VISIÓN SOBRE LA RENOVACIÓN DE LA FORMACIÓN DE INGENIEROS EN CHILE

"Los ingenieros tienen la responsabilidad colectiva de mejorar las vidas de las personas del mundo".

Academia Nacional de ingeniería de los Estados Unidos (NAE, diciembre 2008).

En este capítulo se plantea una visión para la renovación de la formación de ingenieros en Chile, a partir de los diversos temas tratados en los capítulos anteriores, tanto sobre las tendencias internacionales, como sobre los avances que han venido ocurriendo en Chile y los desafíos existentes.

Con esta visión luego, en el Capítulo VIII, se aborda la propuesta para la renovación de la formación de ingenieros en Chile.

En el Resumen Ejecutivo de este informe se presenta una síntesis evolucionada de los planteamientos que se hacen en el presente capítulo y en los capítulos VIII y IX. Esto es, son propuestas que se derivan del análisis del conjunto de todos los planteamientos expuestos, lo cual implica la generación de propuestas adicionales.

1. Introducción: Ingeniería en una época de cambios mayores

No es una casualidad que la renovación de la formación de ingenieros sea un tema que despierta interés en todo el mundo, cualquiera sea el hemisferio geográfico o el nivel de desarrollo nacional de que se trate. Desde hace algún tiempo, se están haciendo esfuerzos por comprender mejor el rol de la ingeniería en un mundo globalizado, con un acelerado desarrollo tecnológico, del que esta actividad profesional ciertamente es parte relevante, y con inmensos desafíos de sustentabilidad, tanto ambiental como social.

Hemos sido testigos de un desarrollo monumental de la ingeniería en el siglo

XX, que cambió nuestro planeta y la forma y calidad de vida de las personas. Son ingenieros quienes construyeron la infraestructura, desarrollaron la producción industrial, la agricultura mecanizada, los sistemas de transporte moderno, las computadoras y los sistemas de comunicación.

Si bien el desarrollo de sistemas y obras que mejoran nuestra calidad de vida siguen siendo necesarios, las demandas del siglo pasado se ven ahora acompañadas de otras nuevas. Así lo muestra la declaración de la Academia Nacional de Ingeniería de EEUU, NAE, que señala cuáles serán los cuatro grandes temas que ocuparán a los ingenieros de ese país y a las instituciones que los forman en el curso de este siglo: Sostenibilidad, Salud, Seguridad y Alegría de Vivir. Asimismo, Australia, con un desafío similar al chileno de sobredependencia de su economía en los recursos naturales, busca acelerar su desarrollo industrial basado en la innovación tecnológica, aprovechando su alto nivel educacional. Por su parte, ONUDI, la organización para el desarrollo industrial de Naciones Unidas, propone un desarrollo industrial inclusivo y sostenible. Será necesario multiplicar la capacidad de proveer recursos y contenidos vía internet, computadores eficientes y aparatos de comunicación, que permitan una rápida distribución de la información y un aumento de la conectividad; el mundo requiere de los ingenieros para reducir el uso de agua, energía y materiales; para aliviar el impacto de los desastres de la naturaleza, y también para entregar y mejorar las condiciones de salud y seguridad. Cada vez más, la ingeniería será vista como una obra humana que produce impactos sustantivos sobre las personas y el mundo que habitamos.

Se ha desarrollado una sensibilidad, tanto en Chile como en el resto del mundo, en cuanto a que los desafíos que el planeta presenta a la ingeniería exigen una profunda renovación de la formación de ingenieros y, junto con ello, un perfeccionamiento del cuerpo docente. Las demandas del entorno se han ampliado y se han vuelto más globales, complejas e interrelacionadas; el mundo, y también Chile, requiere aumentar el número de ingenieros para atender estas demandas. De hecho, según se ha visto en los capítulos anteriores de este informe, la cantidad de ingenieros en Chile per cápita de población activa se aproxima a tres veces menos que en Francia y a cuatro veces menos que en Alemania; a esto se suma la obsolescencia acelerada del conocimiento (actualmente, la tecnología tiene un ciclo de vida aproximado de cinco años); el ambiente digital en el que están inmersos los estudiantes ha provocado cambios culturales y otorga posibilidades de información que están cambiando los métodos pedagógicos tradicionales; se están incorporando nuevos temas y disciplinas en el currículo, al tiempo que es necesario romper aún más las barreras existentes entre la docencia y la investigación; es imprescindible, ahora, incorporar miradas desde otras disciplinas y aprender a trabajar en forma interdisciplinaria, y es preciso fortalecer la conexión de la ingeniería chilena con la del resto del mundo, adhiriendo a estándares de aprendizaje, calidad y competencias compatibles a escala internacional. Existe ya la concepción de que el producto de la ingeniería chilena le pertenece al mundo global.

2. El ingeniero en la sociedad

En general, se considera que el rol del ingeniero en la sociedad es el de resolver problemas y aumentar el bienestar de ella mediante el desarrollo y operación de tecnología. En el mundo, y también en Chile, persisten algunos problemas que afectan a su población como: la escasez de agua fresca; el consumo creciente de energía que provoca insuficiencia energética; el envejecimiento de su infraestructura; el calentamiento global; la seguridad ciudadana; la aparición de nuevas enfermedades. Resolver estos temas requiere de tecnología y de la participación de ingenieros. En ese contexto, algunas de sus responsabilidades específicas son:

- a. Al diseñar aparatos y equipos, los ingenieros son responsables de no comprometer la seguridad y no contaminar el ambiente, a la vez que maximice la calidad.
- b. Le cabe al ingeniero promover el desarrollo tecnológico y difundir, todo lo que sea posible, su significado y el valor de los beneficios sociales que genera.
- c. El ingeniero debe asegurar el uso óptimo de los recursos que se ocupan en la investigación tecnológica e ingeniería.
- d. Es responsabilidad del ingeniero mantenerse actualizado, aprendiendo continuamente nuevos conceptos y desarrollando nuevas destrezas, como la capacidad de trabajar en equipo y de interactuar con personas de diversas culturas, en adaptación a un mundo que cambia con una aceleración vertiginosa.
- e. No está de más recalcar la responsabilidad que le cabe al ingeniero por desempeñar una conducta honrada y comprometida hacia la profesión, y hacia la sociedad en general, como todo otro profesional. En particular, el ingeniero debe resolver problemas en forma efectiva, concebir y diseñar productos y procesos de calidad, e innovar.

En suma, se hace necesario incluir, con fuerte presencia curricular, un código de ética del ingeniero en el transcurso de su formación, velando por el aprendizaje y la internalización, que se manifestará en conductas apropiadas. Junto con ello, es necesario que los estudiantes conozcan el rol difusor que tendrán como profesionales y aprendan a comunicarse efectivamente, para poder adaptarse a distintos ambientes de trabajo y relacionarse con la sociedad en las formas adecuadas.

Se ha dicho que hay déficit de ingenieros calificados en el mundo y también en Chile. Es necesario encontrar formas de atraer el interés de los jóvenes por la ingeniería, y, sobre todo, incorporar un significativo número de mujeres a las distintas variantes, cada vez más numerosas, que conformarán las carreras. La participación de mujeres en Educación Superior en Chile fue levemente superior a la de hombres en 2013. Sin embargo, en el área de tecnología no superó el 20%. Asimismo, en

los Estados Unidos, el porcentaje de mujeres ingenieras es de 11% el mismo año, lo que refleja que el tema de la incorporación de la mujer en la ingeniería no es sólo un desafío chileno.

Chile está en mejor pie que otros países en relación al prestigio público del Ingeniero y de la formación en ingeniería. Ello constituye una oportunidad de difusión de la ingeniería que urge aprovechar, con el fin de entusiasmar a autoridades públicas y a potenciales alumnos y sus apoderados. Como se ha señalado en este informe, tradicionalmente los ingenieros han cumplido, y lo siguen haciendo, un rol de liderazgo en muchas actividades que van más allá del rol profesional, en la dirección de instituciones públicas, de empresas públicas y privadas y de otros organismos.

Será necesario cambiar aspectos centrales del currículo, de la forma de enseñar, de la relación docente-estudiante, fortaleciendo el rol de mentor, y del balance entre la teoría y la práctica con el fin de atraer a personas que hoy pudiesen percibir que el desafío de estudiar ingeniería sobrepasa sus capacidades o su interés, sin lograr visualizar el enorme aporte que la carrera puede hacer en beneficio de la sociedad.

3. Formación del ingeniero

"Las Escuelas de ingeniería tienen el rol de proveer una educación tecnológica de calidad, para atraer a los mejores y más brillantes jóvenes a la ingeniería".

Según el Decano de la Escuela de Ingeniería de Stanford, James Plummer⁵², ésta ha sido, tradicionalmente, la función formadora de ingenieros. En función de ella, se ha practicado el siguiente método de enseñanza:

- Una sólida base de enseñanza científica: matemáticas, física, química (lo que también ocurre en Chile).
- La ciencia primero, la ingeniería después (también en Chile).
- La enseñanza está restringida al conocimiento básico y no a las aplicaciones (también en Chile).
- Se prepara a los estudiantes para ser "productivos" de inmediato: la industria los contrata con un título de BS, después de cuatro años de estudio, a diferencia de otras carreras que requieren de especialización para ejercer (esto no ocurre en Chile, puesto que la ingeniería es una de las carreras consideradas largas).

El profesor Plummer plantea que este método de enseñanza ha sido superado por el desarrollo de internet, que entrega información en cualquier tiempo y lugar; porque la carrera se ha globalizado y sus necesidades futuras se hacen imprevisibles; y es tan rápido el cambio tecnológico que se hace imprescindible innovar como requisito esencial de la carrera. De hecho, hoy se puede definir a la ingeniería como una serie

⁵² James Plummer, Stanford University.

de disciplinas dinámicas que están cambiando continuamente.

Hacia el futuro, dice Plummer, se mantendrá el rol de proporcionar una educación técnica de calidad y se han agregado otras tres funciones, de la misma importancia que ésta, en la formación de ingenieros. Ellas son:

- Enseñar a los estudiantes cómo ser emprendedores, creativos e innovadores.
- Crear tecnologías e ideas que permitan "reinventar" las empresas existentes e incubar nuevas.
- Proveer educación profesional continua de fácil acceso para profesionales que trabajan.

Según Plummer, los estudiantes aún requieren una sólida base científica y de conocimiento tecnológico profundo en algún campo. También lo requieren en Chile. Sin embargo, es necesario agregar que ni siquiera en la formación de especialidades clásicas se ha logrado el dominio requerido para cumplir una labor adecuada en el sector productivo. Los estándares no son fijos y se produce una calidad heterogénea en la formación entregada por las universidades de nuestro país; hay insuficientes competencias para determinar y gestionar los plazos y los costos de los proyectos, hay poco dominio del idioma inglés y un desconocimiento del fenómeno de la multiculturalidad. Sin duda, Chile tiene mucho que avanzar antes de poder equipararse con la formación de ingenieros en EEUU.

Además de la base científica y el conocimiento tecnológico, Plummer sugiere que se requiere desarrollar un conjunto de competencias cognitivas y conductuales que deben integrarse entre sí y con la formación científica y técnológica, que los actuales cuerpos docentes no tienen experiencia en enseñar, ni en EEUU ni en Chile, tales como:

- creatividad e innovación,
- perspectiva empresarial,
- habilidades de comunicación,
- capacidad de trabajar como miembro de un equipo diverso,
- estrategia en empresas tecnológicas,
- idiomas (inglés en Chile),
- · negociación,
- conocimiento y experiencia global,
- liderazgo,
- compromiso con la educación continua,
- adaptación a la incertidumbre y el cambio.

Además del necesario perfeccionamiento docente y de la coordinación con otras facultades para alcanzar los aprendizajes deseados, se hace evidente que el núcleo científico-tecnológico deberá integrarse con el resto de los temas en modalidades de aprendizaje, espacios físicos y recursos financieros que acojan la actividad interdis-

ciplinaria y las nuevas materias. En consecuencia, es probable que se diversifiquen las disciplinas y contenidos en oferta y que los alumnos no abarquen todas ellas, focalizando su aprendizaje científico y tecnológico. Las universidades harán ofertas diversas entre ellas. La información y su adecuada divulgación hacia los potenciales alumnos será un factor clave en la decisión de qué universidad ellos elegirán para formarse como ingenieros. Por otra parte, a través de los métodos de educación continua, los ingenieros podrán absorber otras disciplinas, aplicaciones y tecnologías.

Estas inquietudes son compartidas por la Academia Nacional de Ingeniería de EEUU, NAE, y por la mayoría de los expertos mundiales, en educación superior y formación de ingenieros, que participan en la UNESCO, APEC, e iniciativa CDIO (Concebir-Desarrollar-Implementar-Operar), entre otras. También se plantean en organismos que participan en América Latina como Tuning y en las principales universidades de nuestro país. Todos coinciden en que los principios de las ciencias naturales y matemáticas seguirán constituyendo el eje central de la carrera en el futuro previsible. Pero éste no será suficiente para abordar los complejos problemas globales que es necesario abordar. La educación en ingeniería debe desarrollar en los alumnos la habilidad para pensar sistémicamente, incluyendo dimensiones no técnicas en la formulación, el diseño y la búsqueda de soluciones. Surge, entonces, la necesidad de que los estudiantes aprendan a trabajar adecuadamente en equipos multidisciplinarios, con estudiantes y docentes de otras profesiones, que participan en el diseño y verificación de desempeño de modelos y prototipos. Asimismo, y sobre todo en Chile, dada la extensión del rol del ingeniero hacia otros campos, los estudiantes deben aprender a ser líderes, cualquiera sea el dominio de acción en que les corresponda participar en su futuro profesional.

4. Aspectos claves para una renovación de la formación de ingenieros en Chile

Hay muchos aspectos claves que es necesario considerar para la renovación de la formación de ingenieros. Entre ellos destacan: la vinculación con la ciencia y la tecnología; la vinculación con la innovación del emprendimiento; la vinculación con la globalización; la educación continua.

4.1. Vinculación de la formación de ingenieros con la Ciencia y la Tecnología

"Aunque la educación en ingeniería tiene fortalezas en cuanto a impartir ciertos tipos de conocimientos, no es muy efectiva en preparar a los estudiantes para integrar sus conocimientos, sus destrezas y su identidad como profesionales en desarrollo".

Esta conclusión parece provenir de una evaluación de la educación en ingeniería chilena, pero no lo es. Se trata de un diagnóstico realizado por la Fundación Carne-

gie⁵³ en 2008 y se refiere a la situación en los Estados Unidos. Chile tiene un camino que avanzar para compartir las fortalezas aludidas y comparte la necesidad de integrar de mejor manera los conocimientos y las destrezas para que los ingenieros que entran al mundo laboral se desenvuelvan eficazmente en él.

Ya se ha dicho que en el mundo y en Chile se considera a las ciencias y las matemáticas, junto con la tecnología, como la columna vertebral de la educación en ingeniería. Sin embargo, además de la necesidad de introducir materias atingentes a las relaciones humanas, es necesario transformar el currículo y el método que enseña ciencia primero e ingeniería después, realizando sistemáticamente actividades que acerquen la teoría a la práctica de la ingeniería cuanto antes, e integrando las materias para aproximarse a la situación de ejercicio de la profesión, incorporando estudios de casos, proyectos en equipo, visitas a terreno, y otras. La escasa experiencia práctica al egreso es la principal debilidad que señalan ingenieros encuestados de la Universidad de Chile y de la Universidad Federico Santa María, como se ha señalado en el capítulo I de este Informe.

Se están explorando enfoques menos basados en fórmulas y más en solución de problemas, proyectos de equipos, y estudios de casos, pero no se han adaptado los currículos, produciéndose saturación, obsolescencia de contenidos y dificultad de aprendizaje. Se requiere incorporar en el currículo la definición de las competencias requeridas para un buen desempeño laboral y social y ejercitarlas en el transcurso de la carrera, lo que exige incorporar métodos distintos de enseñanza-aprendizaje.

Los alumnos y egresados, como también la academia, el gobierno y el sector productivo deben validar las competencias que se definan y los modelos de aprendizaje. Todos ellos requieren comprender las necesidades y urgencias de cada sector, y a partir de allí reformular la oferta académica en ingeniería y los logros de aprendizaje esperados. Adicionalmente, la universidad tiene la responsabilidad de incorporar en la formación de los ingenieros los avances científicos y tecnológicos. Estos últimos producen una creciente obsolescencia en métodos y prácticas, lo que obliga a una revisión continua de lo que se enseña y cómo se hace.

4.2. Vinculación de la formación de ingenieros con la Innovación y el Emprendimiento

Entendemos como emprendimiento aquella actitud, aptitud y acción de la persona con la cual asume nuevos retos y nuevos proyectos, avanzando un paso más allá de donde había llegado. Un ejemplo de emprendimiento es crear una empresa tecnológica. El emprendimiento supone un conocimiento y aceptación del riesgo, así como la capacidad para abordarlo.

⁵³ Fundación Carnegie, EUA. 2008.

Entendemos como innovación la creación o modificación de un producto o proceso, y su introducción en un mercado. Ejemplo de creación es el teléfono celular; ejemplo de modificación es el teléfono celular con cámara fotográfica incorporada.

El emprendimiento es un vehículo de innovación.

Aun cuando faltan ingenieros, no es posible garantizar el empleo a partir de un título de grado profesional puesto que existe la percepción de algunos empresarios y directivos de empresa de que faltan algunas competencias que la industria requiere. La universidad y la empresa han avanzado al respecto, sobre todo en el sector de la minería y de la construcción. Con todo, cada entidad debe trabajar, también, en forma autónoma para generar innovaciones desde perspectivas distintas, que ofrezcan una variedad de posibilidades de aplicación.

Con un ciclo de vida tecnológico promedio de cinco años, en un mundo incierto, con ausencia de seguridad en el empleo, la vida exige a las universidades más que en el pasado. Se requiere adaptabilidad y flexibilidad. Tanto los ingenieros empleados, como los que son empresarios, tienen el desafío de innovar y emprender. Estas capacidades tienen que ver con la acción, por lo que no pueden ser impartidas como materias de conferencias, sino que es preciso que los estudiantes experimenten, creen productos, y los introduzcan en el mercado desde el comienzo de la carrera. Para ello, ellos deben integrar equipos multidisciplinarios que aborden la totalidad de las condiciones requeridas, desde la concepción hasta la comercialización, incorporando una variedad de otras profesiones con las cuales están obligados a comunicarse y coordinarse.

Los alumnos deben ser agentes activos y automotivados, dispuestos a asumir la responsabilidad de su propio aprendizaje y desarrollo de competencias. Se les pide que creen valor para recibir valor, y que actúen como emprendedores de su propia carrera.

Este proceso, que ya ha comenzado, debe culminar en una cultura de la innovación en el ámbito de la formación de ingenieros. En rigor, Chile requiere de una cultura nacional de innovación, que debe instalarse desde los primeros años de escolaridad. Cambiar algunas creencias arraigadas en nuestra cultura es tarea de todos. Por ejemplo, debemos incentivar a los niños y jóvenes a desarrollar y expresar nuevas ideas, ejecutarlas y venderlas, sin la obligación del éxito inmediato. No hay innovación y emprendimiento sin aceptar el fracaso para luego levantarse, reconocer las lecciones aprendidas y persistir nuevamente en el emprendimiento.

En otras palabras, Chile puede comenzar tempranamente la educación ingenieril de sus niños, lo que, muy probablemente, sirve como incentivo al estudio de la carrera más adelante. Esta mirada contribuye a cambiar las estructuras universitarias y su vinculación con el aprendizaje durante toda la vida, desde los primeros años. La universidad intensificará sus relaciones con el sistema educativo escolar, e incluso parvulario. Ocurrirá lo mismo entre facultades, debido a la necesidad de aprender multidisciplinariamente. Los departamentos al interior de la universidad tendrán un grado de coordinación que les permitirá agilizar el desarrollo de proyectos y experiencias prácticas de los alumnos. No sólo los alumnos aprenderán a mirar el mundo

de otra manera sino también los académicos y docentes.

4.3. Vinculación de la formación de ingenieros con la globalización

El desarrollo de las tecnologías de información y comunicación, en gran parte fruto de la ingeniería, ha dado un ímpetu extraordinario al fenómeno de la globalización, acercando los mercados, la producción industrial y también los desafíos planetarios, como la superación de la pobreza, el cuidado del medio ambiente y la educación. Como consecuencia de ello, la profesión de ingeniería se globaliza cada día más. Las grandes corporaciones distribuyen a sus equipos técnicos y de diseño en el mundo y los ingenieros son contratados por su calificación, con independencia de su lugar de origen. Por otra parte, las labores de coordinación de los ingenieros se hacen cada vez más complejas, al tener que relacionarse con equipos distribuidos en diversas partes del mundo, con códigos culturales diferentes.

En consecuencia, la globalización exige de la formación de ingenieros que los estudiantes aprendan contenidos y destrezas que no siempre fueron parte del currículo de la formación de ingenieros, pero que hoy son una componente esencial de ella y sin la cual no podrían desempeñarse. Hemos mencionado algunas, como la capacidad de innovación y emprendimiento, la comunicación y el liderazgo, la negociación y otras. Para poder trabajar en el mundo globalizado, el ingeniero debe formarse, además, en idioma inglés (pudiendo requerir estudiar otros idiomas según su lugar de destino), debe adquirir destrezas interculturales y desarrollar una fuerte capacidad de gestión. Estos temas deben incluirse e integrarse con los del eje central científico-matemático-tecnológico desde el comienzo de la carrera.

La presión por contar con ingenieros con las competencias que las grandes corporaciones requieren está generando un fenómeno que se observa de manera creciente: las propias empresas generan sus centros de aprendizaje que, muchas veces, son alternativos a la oferta de las universidades. No sólo compiten entre ellas las universidades ahora por alumnos, sino que ellas también lo hacen con grandes corporaciones. Estos centros de aprendizaje pueden estar localizados en cualquier parte del mundo y los alumnos son capacitados para trabajar en cualquier lugar.

Las principales universidades del mundo también están sometidas a estas presiones por parte de las corporaciones. Por esa razón, varias de las universidades más prestigiadas han comenzado a establecer filiales en diversos lugares del planeta y a ofrecer programas e incluso carreras en línea, a bajo costo o sin costo para los alumnos (MOOC). Las universidades locales pueden ver esto como una amenaza pero también como una importante oportunidad de aprendizaje institucional y de desarrollo de alianzas interuniversidades locales o de ellas con las universidades extranjeras, que permitan generar una relación de beneficios mutuos para las universidades y, sobre todo, para los estudiantes. La rapidez y magnitud de estos desarrollos exige una participación conjunta de las universidades chilenas y el Estado, y constituyen un estímulo para mejorar la formación de ingenieros en nuestras universidades, de

modo de ir cubriendo la brecha formativa con los países del hemisferio norte.

Como quiera que sea, es fácil concluir que los ingenieros chilenos deben cumplir con estándares internacionales de competencias, conocimientos, actitudes y experiencia. Nuestros ingenieros requieren alcanzar una formación de clase mundial, que les permita homologar sus conocimientos y destrezas al de sus colegas del resto del mundo. El proyecto Tuning América Latina es una iniciativa que se hace cargo parcialmente de este requerimiento en sus objetivos. Este ha generado recomendaciones, pero ellas se están adoptando muy lentamente por parte de las universidades latinoamericanas, incluidas las chilenas. Tuning nace después que en 1999 se diera inicio al Proceso de Bolonia de reestructuración europea de Educación Superior, con la participación de 29 países europeos, que en 2010 alcanzó el número de 47. Sus objetivos son: adoptar un sistema común de titulaciones comprensibles y comparables; sistema de créditos compatibles; niveles de pregrado y grado con duraciones definidas, y la eliminación de impedimentos para la movilidad de docentes, investigadores, profesores y administradores de Educación Superior.

La formación de ingenieros en Chile debe tomar iniciativas y superar varios escollos para que sus alumnos puedan ser competitivos a nivel internacional y sus títulos, grados y competencias se puedan homologar con los del resto del mundo:

a. Duración de la carrera

En los últimos años se ha producido un debate en Chile respecto de la necesidad de acortar las carreras, incluyendo la de ingeniería, para compatibilizar nuestros estándares con los del extranjero. Por otra parte, en este informe hemos mostrado que hay mucho que agregar y menos que suprimir respecto de contenidos en la formación de ingenieros. Por esa razón, es de suma importancia distinguir los temas atingentes a la profesión, de los temas que es necesario remediar o nivelar por problemas de déficits de conocimientos de los alumnos desde la educación secundaria. Alternativamente, en los Estados Unidos existen programas formulados por universidades, que entrenan a profesores que imparten cursos de ingeniería a nivel de los últimos años de educación secundaria, con el fin de motivar a los potenciales alumnos y optimizar la carrera.

Es necesario revisar la estructura académica universitaria y trabajar en conjunto con la enseñanza media con el fin de sincerar estos aspectos. Actualmente en Chile, la carrera de Ingeniería Civil tiene seis años de duración nominal, pero en la práctica puede durar hasta más de ocho años. No parece conveniente incluir la nivelación y remediación de carencias escolares a la hora de definir los aspectos de homologación de la carrera con el resto del mundo.

Una forma de hacerse cargo del déficit de conocimientos y destrezas de los alumnos que ingresan a la carrera de Ingeniería es que la Universidad se acerque al sistema escolar para orientar y ayudar a una mejor preparación de los futuros alumnos de ingeniería. He aquí otra poderosa razón para acercarse al sistema escolar, además de la necesidad de crear una cultura de innovación que apunte hacia la formación temprana de destrezas que apoyen la formación de ingenieros.

b. Créditos transferibles

Chile intenta, desde 2005, alcanzar un sistema de créditos transferibles. Ha habido avances, pero queda camino por recorrer, y se espera que el sistema esté desplegado desde 2014 en las universidades del CRUCH. Esto incide directamente en la movilidad local e internacional de los alumnos. Por esa razón, es aconsejable dinamizar la movilidad estudiantil desde el proyecto Tuning América Latina.

c. Certificación de competencias

Si bien la Ley de Aseguramiento de la Calidad de la Educación Superior, 20.129, de 2006, establece como plazo para establecer un Sistema de Habilitación Profesional noviembre de 2008, éste aún no existe. La habilitación profesional permite generar estándares nacionales para el ejercicio de una profesión, con independencia o no de la certificación de egreso de las universidades. Se trata de un tema controvertido que debe ser debatido por múltiples actores y al que no se le ha dado prioridad suficiente para alcanzar las debidas definiciones, sobre todo respecto de cuáles deben ser los organismos responsables de habilitar, y en relación a la instalación de una estructura que lo sostenga.

Con todo, la habilitación profesional no tiene el fin de definir competencias requeridas para el trabajo. Para ello se requiere un sistema de certificación de competencias, definida en conjunto por los formadores y, sobre todo, por el sector que representa a los empleadores, en este caso, de los ingenieros. En el mundo, esta certificación es otorgada por un Sistema de Cualificaciones. Desde el punto de vista de la globalización, es esta certificación la que permite evaluar las competencias de los ingenieros para trabajar en el extranjero.

Si bien este asunto se trata en Chile desde hace años, no ha existido la voluntad de impulsar un sistema nacional que permita que los ingenieros y el resto de los profesionales puedan certificar sus competencias. Sin un sistema como éste, no le es posible a los ingenieros evaluar qué conocimientos deben actualizarse y qué destrezas adquirir o mejorar para ser competitivos en la esfera internacional.

Es altamente aconsejable abordar tanto la habilitación profesional como la certificación de competencias, con miras a la homologación y a la apertura de posibilidades en el mundo global para los ingenieros.

d. Movilidad de estudiantes y docentes

En un mundo globalizado es necesario que los estudiantes conozcan algo de la sociedad, forma de vida e ingeniería en otras partes del mundo. Es conveniente incluir en pregrado un sistema de pasantías al extranjero de los alumnos, ya sea para tomar cursos o desarrollar proyectos. Asimismo, debe multiplicarse la presencia de profesores e investigadores extranjeros de buen nivel que tomen contacto con los estudiantes en nuestras aulas, laboratorios y centros de aprendizaje.

e. Acreditación Internacional

Existen varias agencias de acreditación institucional y de carreras y programas en

los Estados Unidos, Europa y Canadá. En Chile hay una universidad acreditada institucionalmente y varias que han acreditado programas y carreras por agencias extranjeras. En la medida que la ingeniería se globaliza, vale la pena analizar la conveniencia de acreditar internacionalmente la carrera.

Como referencia hemos escogido a la organización ABET como ejemplo para presentar sus criterios de competencias de graduados de ingeniería. ABET realiza acreditación de programas solamente, no de instituciones, razón por la cual nos ha parecido pertinente como ejemplo de acreditación deseable respecto de la globalización. En el Capítulo II de este informe se presentan antecedentes sobre esta institución de acreditación internacional en ingeniería con base en EUA. Asimismo, se exponen los criterios generales de competencias de los graduados de los programas, conocido como ABET 2000, que aún está vigente en nuestros días, siendo probable evoluciones próximas con aumento de requerimientos.

Desde 2001 hay universidades de diversos países que se someten a la acreditación internacional y deben demostrar que sus programas logran cumplir con estos criterios de capacidades de los alumnos.

En Chile no podemos esperar en cuanto a acercarnos al alineamiento internacional en la sociedad global. Sabemos lo que debe hacerse. Debemos reconocer que los desafíos se nos vienen encima. El momento de reforzar significativamente los procesos es ahora.

4.4. Educación continua

"Las escuelas de ingeniería deberían estar preparando a los estudiantes para trabajos que aún no existen, usando tecnologías que aún no han sido inventadas, para resolver problemas que aún ni sabemos que son problemas" ⁵⁴.

Chile y el mundo no tienen suficientes ingenieros, el ritmo de obsolescencia de los conocimientos tecnológicos es vertiginoso y constantemente han surgido disciplinas nuevas, como la nanotecnología, la biotecnología, la genética, e innovaciones en las tecnologías de información y comunicación. Estos cambios continuarán. Es preciso, por una parte, que los ingenieros se mantengan vigentes en sus líneas de trabajo y, por otra, es muy probable que la trayectoria de ellos se dirija en varias direcciones distintas, debido al rápido cambio tecnológico.

En estas circunstancias, la educación continua pasa a ser un imperativo de la carrera. Trabajo y aprendizaje se entrelazan de por vida. Por esa razón, el currículo de pregrado debe contemplar el aprendizaje continuo, que sea el fruto de un esfuerzo permanente y mancomunado entre: el gobierno, que dé incentivos y regulación; universidades, que entreguen una diversidad de programas de distinto tipo, con diferentes demandas de tiempo del alumno y diversas formas de entrega, incluyendo

⁵⁴ Daniel Laughlin, NASA.

la modalidad de educación en línea, además de la difusión permanente a ingenieros y estudiantes del valor y la necesidad del aprendizaje continuo; asociaciones profesionales que colaboren con las universidades en la difusión de la educación continua, creen y propongan oportunidades de educación continua para los ingenieros a través de la relación con las universidades y las empresas, y produzcan indicadores de logro y de eficiencia de la educación en base a la oferta que se genere en el país; el sector productivo y las empresas han de crear una cultura de educación continua, aportando financiamiento, proponiendo requisitos de incentivos gubernamentales e indicadores de logro de aprendizaje.

5. Conclusiones

A partir de lo anteriormente expuesto se derivan las siguientes conclusiones:

- a. Existe la percepción en Chile de que es necesario acelerar la renovación de la educación en ingeniería. Se están haciendo esfuerzos en esa dirección, que deberán ser reforzados, intensificados, y bien coordinados entre las distintas instancias responsables. Será necesario que los actores comprendan la urgencia de hacerlo; que diseñen en forma eficaz y eficiente las acciones necesarias, aprendiendo lo que sea necesario para ello; que promuevan líderes que puedan llevar adelante el proceso, y que se realice un esfuerzo de coordinación de las distintas instancias de gobierno involucradas en él.
- b. En Chile, como en el mundo, faltan ingenieros. Chile tiene la ventaja de que la carrera y los profesionales gozan de un prestigio que les otorga una amplia capacidad de acción. Es preciso aprovecharla para atraer estudiantes a la carrera, para difundirla al público en general y para desarrollar un importante sistema de educación continua que garantice la vigencia de los ingenieros.
- c. La ciencia, las matemáticas y la tecnología mantendrán su importancia en la formación de ingenieros. Sin embargo, hay que articular el aprendizaje de manera radicalmente distinta a lo hecho en años anteriores, incorporando una práctica temprana e integrando estas disciplinas con otras, como el dominio del idioma inglés, la capacidad de integrar un equipo multidisciplinario, la comunicación y el liderazgo, que generen conductas que les permitan a los ingenieros desenvolverse en un mundo complejo y global, con un profundo sentido de misión social.
- d. Se debe avanzar rápidamente en la movilidad estudiantil y de docentes chilenos hacia el extranjero y de extranjeros hacia Chile. Por otra parte, en la medida que se fortalezcan las universidades y que se incremente la relación de ellas con el sector productivo, se deben desarrollar instancias de atracción, a Chile, de in-

- genieros chilenos que actualmente se desempeñan en el extranjero con el fin de ampliar sus horizontes de realización profesional.
- e. Es urgente avanzar en un sistema de certificación de competencias y habilitación profesional, compatible con los sistemas existentes en el extranjero, para poder homologar a los ingenieros chilenos con sus pares del mundo.
- f. La renovación de la ingeniería exige abordar el tema de la nivelación y remediación de las carencias de la enseñanza media de una manera novedosa, para que no incida sobre la homologación.
- g. Es necesario avanzar hacia una cultura de innovación y emprendimiento, rompiendo paradigmas y adoptando otros, como la aceptación del riesgo y el fracaso y la capacidad de generar alianzas, para avanzar desde la etapa de concepción de una idea o producto, hasta su lanzamiento en el mercado.
- h. Es conveniente que las universidades establezcan una política de alianzas con otras universidades chilenas y extranjeras, con empresas chilenas y extranjeras, y que coordinen sus esfuerzos con las asociaciones profesionales y las empresas y organizaciones del sector productivo.
- i. La renovación que se visualiza es el fortalecimiento y sistematización de un proceso permanente de mejoramiento continuo. Por tal razón, es necesario diseñar el proceso, calcular los recursos necesarios, en forma realista, para implementar la renovación y el mejoramiento posterior, y asegurar los fondos necesarios. Este proceso debe incluir a todos los actores relevantes: alumnos y apoderados; docentes e investigadores; administradores universitarios; oficinas gubernamentales, y empresas y organizaciones del sector productivo.

CAPÍTULO VIII

PROPUESTAS PARA LA RENOVACIÓN DE LA FORMACIÓN DE INGENIEROS EN CHILE

En este capítulo se plantean las propuestas obtenidas a partir de lo tratado en los capítulos anteriores.

En el Resumen Ejecutivo de este informe se presenta una síntesis evolucionada de los planteamientos que se hacen en el presente capítulo y en los capítulos VII y IX. Esto es, son propuestas que se derivan del análisis del conjunto de todos los planteamientos expuestos, lo cual implica la generación de propuestas adicionales.

1. Perspectiva para abordar las propuestas

A partir de lo expuesto en los capítulos anteriores, en éste se aborda una síntesis de las propuestas para la renovación de la formación de ingenieros en Chile. En los casos que se ha considerado necesario, también se plantean desarrollos adicionales.

En la Fig. VIII.1 se presenta la articulación de temas que hacen posible la generación de las propuestas, y que corresponden a los respectivos capítulos de este informe. Estos temas representan tres tipos de experiencias y perspectivas: de la academia, de la industria, e internacional.

Se ha concluido que las necesidades de renovación, que surgen de la realidad chilena, son similares a las necesidades que se han generado en los países desarrollados, pero desfasadas en el tiempo.

En efecto, los requerimientos de mejorar la formación de ingenieros en ámbitos como gestión, emprendimiento e interdisciplinariedad y otros surgieron hace más de 20 años, en países como los Estados Unidos, Canadá, Reino Unido y otros. Ese mismo tipo de requerimientos se ha ido manifestando en Chile desde hace aproximadamente 10 años.

Por consiguiente, parte importante de las necesidades de renovación de la formación de ingenieros de Chile se encuentra ya abordada en los países desarrollados.



Fuente: Elaboración propia.

Consistentemente con lo señalado, en uno de los informes de base del Programa Ingeniería 2030⁵⁵ de CORFO se expresa: "La ingeniería está teniendo un protagonismo dramático en la vida de las personas, en la creación de riqueza y bienestar, en el acceso a ellas y también en algunos efectos colaterales. La demanda por servicios de ingeniería está aumentando y, junto a los avances de la ciencia y la tecnología, está agregando nuevos ámbitos de actuación, cambiando las prácticas de ingeniería y la educación de los ingenieros. Estos hechos han provocado un movimiento internacional para renovar, e innovar, en la formación de ingenieros. En esta dinámica participan las instituciones oficiales académicas y profesionales de ingeniería de varios países (por ejemplo, US National Academy of Engineering, UK Royal Academy of Engineering), las organizaciones internacionales (por ejemplo, OECD, Banco Mundial, UNESCO, APEC), varias universidades líderes en diversos continentes (por ejemplo, MIT), las asociaciones de educación en ingeniería (por ejemplo, American Society of Engineering Education, Acreditation Board of Engineering and Technology), asociaciones de empresas de ingeniería (por ejemplo, World Federation of Engineering Organizations), empresas tecnológicas y de inge-

⁵⁵ Informe 1: "Factores y Tendencias Claves de la Ingeniería a Nivel Internacional", Programa Ingeniería 2030 de CORFO. SYN. 2012.

niería, empresas de consultoría (por ejemplo, McKinsey), autores y especialistas en los desafíos de la ingeniería".

En Chile, las universidades han venido desarrollando varios proyectos con el apoyo de iniciativas estatales para el mejoramiento de la formación de ingenieros, entre las que se destacan los Convenios de Desempeño en Armonización Curricular de MECESUP/DFI de MINEDUC y el Programa Ingeniería 2030 de CORFO. Estas iniciativas buscan simultáneamente atender las necesidades de la ingeniería en Chile, así como su alineamiento internacional.

En la perspectiva internacional, una serie de informes de diferentes organizaciones, entre ellas la UK Royal Academy of Engineering⁵⁶, han señalado que se requiere acelerar los cambios en la formación de ingenieros a nivel de pregrado, para asegurar que los graduados se encuentren formados para las realidades nuevas y complejas de la sociedad del siglo XXI. Sin embargo, la estructura y oferta de pregrado todavía presentan un lento ritmo de cambio en los Departamentos, Facultades y Escuelas de Ingeniería, lo que refleja las dificultades para analizar, diseñar, implementar y sustentar la renovación en la formación de ingenieros.

Hay amplio acuerdo en las instituciones en que la renovación es necesaria para Chile, y que el reto es que ella suceda con velocidad y calidad suficientes. Entonces, el desafío acuciante para Chile en la formación de ingenieros no es si cambiar o no, sino cómo cambiar haciéndolo bien y pronto.

Desde esta perspectiva, y basado en lo expuesto en los capítulos anteriores y en otros antecedentes tratados en las referencias, se plantea un conjunto de proposiciones para la renovación de la formación de ingenieros en el país. Éstas están dirigidas a diversos actores, principalmente las universidades, los organismos públicos pertinentes y la comunidad de académicos y profesionales de ingeniería.

Estas proposiciones son coherentes con los planteamientos hechos en los capítulos anteriores de este Informe y tienen por finalidad, primeramente, seguir avanzando para que la academia se adecúe mejor a las necesidades del país, así como a la tendencia internacional tanto en la formación de ingenieros como en el ejercicio de la profesión.

Esto, a fin de lograr una formación plenamente efectiva para el desarrollo de Chile con los mejores estándares internacionales y, en particular, con una inserción efectiva en los acuerdos internacionales existentes y otros por venir.

De esta forma se busca seguir mejorando la calidad y competitividad de nuestros ingenieros.

Las proposiciones se han estructurado en cuatro aspectos relevantes:

• Decisiones de políticas nacionales a adoptar sobre la formación de ingenieros y su alineamiento con las tendencias internacionales (secciones 3 y 4).

⁵⁶ Achieving excellence in engineering education: the ingredients of successful change, The Royal Academy of Engineering (UK) and Massachusetts Institute of Technology (MIT, USA), March 2012.

- Pertinencia en la formación de ingenieros, fundamentalmente asociadas al perfil de egreso de los titulados (sección 5).
- Diseño e implementación de las carreras de Ingeniería para mejorar la calidad, eficacia y eficiencia de la formación (sección 6).
- Características que, según la experiencia internacional, deben ocurrir para asegurar el éxito de una renovación en la formación de ingenieros (sección 7).

Previamente, en la Sección 2, se exponen las principales conclusiones sobre la realidad actual de las carreras de Ingeniería en Chile.

2. Síntesis de conclusiones sobre la realidad actual de las carreras de Ingeniería en Chile

De lo expuesto en los capítulos anteriores se obtienen las siguientes conclusiones principales sobre las carreras de Ingeniería en Chile, que es necesario tener presente para las propuestas que se hacen en las secciones siguientes.

2.1. Tipos de carreras de Ingeniería

Al analizar la variedad de las carreras de Ingeniería en Chile se puede concluir que, si bien los nombres de ellas son diversos, desde el punto de vista conceptual se pueden distinguir dos categorías: Ingeniería de Base Científica (correspondiente a Ingeniería Civil) e Ingeniería de Base Tecnológica (correspondiente a Ingeniería de Ejecución o Ingeniería en...).

De hecho, la Comisión Nacional de Acreditación (CNA-Chile) establece esos dos tipos de carreras con fines de acreditación: Ingeniería de Base Científica (Ingeniería Civil) e Ingeniería de Base Tecnológica (Ingeniería de Ejecución o Ingeniería en...).

El Colegio de Ingenieros de Chile establece condiciones para las carreras de Ingeniería Civil, las que se refieren principalmente a las horas mínimas de los planes de estudio y ciertos contenidos de los mismos.

Como se expone en el Capítulo II, en la dinámica internacional se destacan tres tipos de carreras de Ingeniería: Engineering (Engineer) según el Acuerdo de Washington, Engineering Technology (Engineering Technologist) según el Acuerdo de Sydney y Engineering Technician según el Acuerdo de Dublín. En Chile, estos son razonablemente equivalentes a Ingeniería Civil, Ingeniería de Ejecución y Técnico de Nivel Superior, respectivamente.

No se considera en este análisis como tipos de carreras de Ingeniería aquellos programas de estudio y títulos emitidos por las universidades tales como Ingeniería Comercial y otros que no son considerados como ingenierías según los criterios internacionales.

2.2. Instituciones autorizadas

Desde la perspectiva legal chilena, las carreras de Ingeniería Civil solo pueden ser dictadas por las universidades. Además, ellas deben entregar el grado de Licenciatura en Ciencias de la Ingeniería. Asimismo, solo las universidades pueden entregar los grados de Magíster y Doctorado.

Los otros tipos de carreras de Ingeniería pueden ser dictadas tanto por Universidades como por Institutos Profesionales y no requieren entregar grados académicos.

2.3. Duración legal de las carreras

En ninguna ley o normativa existente en Chile se establecen los años de duración requeridos para las carreras de Ingeniería Civil.

Es así que en las diversas universidades existen carreras de Ingeniería Civil con duraciones de 6, 5,5 y 5 años. El Colegio de Ingenieros no establece un número de años de duración para la carrera de Ingeniería Civil.

Lo mismo ocurre con respecto a las carreras de Ingeniería de Ejecución (que en general tienen planes de estudios con duraciones de 4 años) y las Ingenierías en... las cuales tienen planes con duraciones entre 4 y 5 años.

2.4. Acreditación de carreras

El sistema actual de acreditación de carreras en Chile, liderado por la CNA, se ha focalizado más en los procesos (en particular, de aseguramiento de calidad) que en los resultados de aprendizaje de los estudiantes y titulados. Esto es abordado, con énfasis diferentes, en los acuerdos internacionales y en los países avanzados, en los que existe una mayor orientación hacia los resultados de aprendizajes y a la certificación de competencias. Tal cosa ha representado, por lo tanto, una brecha en la formación de Ingenieros en Chile, en relación a los estándares y las tendencias internacionales.

En 2016, la CNA avanzó con la puesta en marcha de nuevas directrices y criterios para la acreditación de carreras y programas de estudio. Esta actualización aborda parte de tales desafíos.

2.5. Otorgamiento de título profesional

En Chile, el titulado de una carrera de Ingeniería puede ejercer la profesión sólo con el título universitario, que es otorgado por las propias instituciones de educación superior, con validez indefinida. Esto no es así en la casi totalidad de los países desarrollados con los cuales Chile tiene acuerdos internacionales que incluyen los servicios profesionales.

Actualmente, en nuestro país, las universidades otorgan grados académicos y títulos profesionales y los institutos profesionales entregan estos últimos. Los títulos profesionales en ingeniería, otorgados por ambos tipos de instituciones de educación superior, son habilitantes para el ejercicio tanto dependiente como independiente de la profesión y no requieren ningún requisito adicional a la certificación otorgada por dichas instituciones ni demostrar que el profesional se mantiene actualizado durante los años de ejercicio profesional. Si bien esta situación también se presenta en la mayoría de los países de América Latina, no es así en gran parte de los países desarrollados.

La tendencia imperante en los países avanzados es separar quien certifica el grado o título de quien habilita para el ejercicio de la profesión. La forma de lograr esta separación tiene varias soluciones según se verifica en los países analizados.

Para hacerse cargo de ello, en Chile la Ley 20.129 del año 2006 de Aseguramiento de la Calidad en la Educación Superior, en su artículo transitorio quinto, encomienda al Ministerio de Educación desarrollar una propuesta para el establecimiento de un Sistema Nacional de Certificación y Habilitación Profesional. Lamentablemente, hasta 2016 este mandato legal no se ha cumplido.

Por otra parte, en las negociaciones que ha tenido Chile, en el contexto de los acuerdos firmados relacionados al libre comercio, éste también ha sido un tema que se le ha observado a nuestro país.

2.6. Comparación internacional de títulos

En general, las carreras de Ingeniería Civil en Chile establecen competencias de graduación más amplias que el Bachelor Degree de USA y el Bachelor de diversos países europeos. Pero, las competencias profesionales consideradas en Chile son menores que las establecidas en la licencia de Professional Engineer de USA o de Canadá.

Entonces, existen excesos y déficits en la formación de ingenieros, respecto de los objetivos académicos y profesionales, que es necesario abordar.

2.7. Pertinencia de la formación

Se han identificado brechas en la formación de ingenieros respecto de las necesidades objetivas de la ingeniería en Chile. Entre ellas, temas como gestión de la ingeniería, calidad del trabajo, multiculturalidad, solución efectiva de problemas complejos y otros.

Por ello es necesario aumentar la pertinencia de la formación de ingenieros, en particular en lo que respecta a los perfiles de egreso de la instituciones de educación superior. En la sección 4 de este capítulo se trata este tema.

2.8. Relevancia de la formación

Se ha detectado la necesidad de aumentar significativamente la relevancia de la ingeniería en Chile para abordar adecuadamente las necesidades de desarrollo del país, en particular en lo que respecta a la renovación de las industrias existentes y al desarrollo de nuevas industrias. Esto demanda, entre otros desafíos, un aumento de la capacidad innovadora y de emprendimiento tecnológico de los ingenieros formados en Chile. Eventualmente, parte de esto puede ser entendido como aumentar la pertinencia de la formación de los ingenieros. Pero el desafío va más allá, pues implica un aumento relevante en la generación de valor mediante la ingeniería en Chile.

Ya no se trata sólo de participar en proyectos para las industrias existentes sino que, muy principalmente, en la generación de nuevas industrias, de apreciable mayor valor agregado.

2.9. Retención, progresión y titulación

Es necesario aumentar significativamente las tasas de retención de estudiantes de Ingeniería en las instituciones de educación superior, así como la progresión y la tasa de titulación oportuna. Este es un desafío mayor para las Facultades y Escuelas de Ingeniería chilenas, pues deben superar los esfuerzos que han venido realizando para tales efectos, considerando mejores programas y más recursos.

Aun cuando es común en diversos países que las tasas de retención en ingeniería sean menores a las de otras carreras, como Medicina o Educación, en Chile tales tasas son demasiado bajas. Tanto si se comparan respecto de las tendencias internacionales como de las propias capacidades de los estudiantes.

2.10. Número de ingenieros

Es necesario aumentar el número de ingenieros adecuadamente formados en Chile. Desde distintas perspectivas ha quedado en evidencia que la población de ingenieros competentes no es suficiente para abordar los desafíos del país. Debe tenerse presente la diferencia entre la respuesta a la demanda laboral expresada por las industrias existentes respecto de la respuesta a los requerimientos del desarrollo del país basado en nuevas industrias con mayor valor agregado.

3. Proposiciones sobre alineamiento internacional

Los desafíos para las instituciones que forman ingenieros para un mundo globalizado son parte de la realidad nacional. Chile debe avanzar hacia modelos de formación que cumplan con estándares internacionales y a otorgar títulos profesionales que puedan participar competitivamente en los mercados globales, con las certificaciones que éstos exigen.

Existen diversos riesgos que resultan de la falta de alineamiento entre los programas de estudio de Ingeniería en Chile y los equivalentes en los países desarrollados. En primer lugar, restan oportunidades a los licenciados y titulados chilenos, limitando su movilidad y empleabilidad local e internacional. Lo segundo, es que estos programas son casi únicos en el mundo y son complejos de validar cuando se buscan acreditaciones internacionales.

Asimismo, existen importantes oportunidades de alineamiento internacional tanto por las características globales de la ingeniería, la tecnología y la ciencia como por la disposición a colaborar entre las organizaciones de ingeniería de los países.

A continuación se expone un conjunto de proposiciones en esta dimensión, con el fin de avanzar en la adecuación de los programas locales a las tendencias internacionales tanto en la formación de ingenieros como también en el ejercicio de la profesión: tipos de carreras de Ingeniería (3.1); perfiles de egreso (3.2); sistema de créditos transferibles (3.3); resultados de aprendizaje y acreditación (3.4); separación de la habilitación profesional (3.5); participación en organizaciones internacionales (3.6).

Estas propuestas están dirigidas principalmente a las universidades, los organismos públicos y la comunidad de académicos y profesionales de ingeniería.

Algunas de estas propuestas ratifican lo que ya se viene haciendo en las instituciones de Chile. Otras, en cambio, son nuevas o representan modificaciones a lo existente.

Todas las proposiciones de alineamiento internacional atienden directamente las necesidades de desarrollo del país en el ámbito de ingeniería.

3.1. Tipos de carreras de Ingeniería

Se propone establecer formalmente que existan dos tipos de carreras de Ingeniería en Chile, que sean sustancialmente equivalentes a Engineering (Engineer según Acuerdo de Washington) y Engineering Technology (Engineering Technologist según acuerdo de Sydney).

Para su identificación y diferenciación, dado lo definido en los acuerdos citados y los criterios que usa actualmente la CNA en la acreditación de carreras de Ingeniería, se sugiere continuar con la clasificación basada en Ingeniería de Base Científica e Ingeniería de Base Tecnológica, y continuar respectivamente con las denominaciones de Ingenierías Civiles e Ingenierías en... (Ejemplos: Ingeniería Civil Mecánica e Ingeniería en Mecánica).

Las Ingenierías Civiles orientadas a concebir, diseñar, implementar y operar sistemas complejos de ingeniería con énfasis fundamentalmente en concebir y diseñar.

Las Ingenierías en... orientadas a concebir, diseñar, implementar y operar problemas ampliamente definidos de la ingeniería con énfasis fundamentalmente en implementar y operar.

No obstante, considerando los crecientes requerimientos de la Ingeniería del siglo XXI, con cada vez mayor influencia de la ciencia y la tecnología, es conveniente avanzar en la caracterización más profunda de la base científica y la base tecnológica ya que, en rigor, ellas deben estar presentes más intensamente en los diversos tipos de carreras de Ingeniería.

3.2. Perfiles de egreso

Se propone, para cada tipo de carrera de Ingeniería, establecer explícitamente los atributos de graduación representado en los perfiles de egreso, con criterios internacionales, en particular, usando como referencia lo expuesto en la sección 5. Esto con el fin de aumentar significativamente la efectividad, la coherencia y la transparencia de la formación en función de la calidad.

3.3. Sistema de créditos transferibles

Se propone adoptar masiva y sistemáticamente el sistema de créditos transferibles (SCT) y alinearlo con los estándares internacionales. De esta manera, acelerar significativamente el despliegue que este sistema ha tenido en Chile hasta 2016.

Se sugiere acordar un número de 300 unidades SCT-Chile para la formación de ingenieros de base científica y 240 unidades SCT-Chile para la formación de ingenieros de base tecnológica, planteamiento que ya ha hecho MECESUP/DFI en los Convenios de Desempeño.

3.4. Resultados de aprendizaje y acreditación

Se propone adecuar y alinear más los criterios de acreditación de carreras de Ingeniería a los desafíos de desarrollo del país y a la realidad internacional, colocando el énfasis en los resultados de aprendizaje (*learning outcomes*). Esto es consistente con los acuerdos de Washington y Sydney y con las recomendaciones de OECD⁵⁷.

Para ello se propone asegurar la diferenciación de los criterios de acreditación entre: criterios generales y criterios específicos. Los primeros son comunes a todas las ingenierías de un tipo y los segundos son particulares y propios de cada carrera.

⁵⁷ OECD. AHELO.

Para los criterios generales se propone que ellos estén orientados a: estudiantes, objetivos educativos del programa, competencias de egreso, perfiles de ingreso, mejoramiento continuo, currículo, profesores, infraestructura y laboratorios, sistemas y recursos de aprendizaje y apoyo institucional.

La CNA avanzó en esta dirección con las directrices que generó en 2016.

3.5. Separación de la habilitación profesional

Para dar solución a lo señalado en la sección 2.5 de este capítulo sobre los roles de juez y parte de las universidades, se propone diseñar e implementar un sistema que separe las instancias que tienen a cargo la certificación de un título de ingeniero respecto de las que certifiquen y otorguen la habilitación profesional. Y que tome en cuenta las etapas en la vida profesional de un ingeniero.

Es importante distinguir 3 etapas en la vida profesional de un ingeniero: La primera corresponde a la obtención de un grado o título profesional. La segunda corresponde al entrenamiento y experiencia para poder lograr la habilitación profesional y ejercer la práctica de la profesión.

Para la certificación del título de ingeniero en Chile se propone que lo sigan haciendo las instituciones de educación superior. En cambio, para el otorgamiento de la habilitación profesional se propone que lo realice un organismo ad hoc creado con dicho fin, independiente de las instituciones de educación superior. Dicho organismo deberá tener entre sus objetivos definir los requisitos para otorgar la licencia de ingeniero, desarrollar y administrar los exámenes que se decidan tomar y otorgar la licencia llevando un registro de ello. Esto es similar a lo que se conoce en USA como Professional Engineer (PE); un dato de interés es que menos del 20% de los ingenieros en USA son PE.

El Instituto de Ingenieros, a través de la Comisión de Habilitación Profesional⁵⁸, durante 2016 ha hecho una propuesta para abordar este propósito. Se propone que solo los ingenieros formados en carreras acreditadas puedan lograr la licencia de ingeniero.

La tercera etapa de la vida profesional se caracteriza por la observación de un código de conducta y un comportamiento ético, el mantenimiento de las competencias y la actualización continua de los ingenieros; todo esto con el fin de asegurar la calidad en el ejercicio de la profesión. Entonces, se propone que la habilitación profesional sea otorgada por un periodo fijo, y que deba ser renovada por el mismo organismo que la otorga. Se recomiendan 5 años de vigencia de ella.

⁵⁸ Comisión de Habilitación Profesional. Instituto de Ingenieros de Chile. 2016.

3.6. Participación en organismos internacionales

Se propone promover y apoyar sistemáticamente la participación intensa de los académicos, ingenieros y directivos de las universidades así como las entidades chilenas de Ingeniería en los organismos internacionales que influyen en la toma de decisiones y en la generación de tendencias sobre la ingeniería. Especialmente, en las organizaciones pertinentes de OECD y APEC.

Esta participación activa es clave para catalizar las renovaciones de la ingeniería en Chile, tanto en la formación como en el ejercicio profesional.

4. Proposiciones sobre armonización nacional en la formación de ingenieros

La armonización nacional busca aumentar significativamente la calidad de la formación de ingenieros en Chile, además de aumentar su efectividad y apoyar la movilidad de estudiantes y profesionales. En particular, mediante el uso de estándares.

Para lograr la armonización en la formación de ingenieros y en las carreras de Ingeniería en Chile, se plantean las siguientes iniciativas, varias de las cuales son comunes a las iniciativas de alineamiento internacional expuestas en la sección 3. Éstas son: concepto válido de ingeniería (4.1); tipos de carreras de Ingeniería (4.2); perfiles de egreso (4.3); perfiles de ingreso (4.4); ciclos de formación y duración (4.5); sistemas de créditos transferibles (4.6); resultados de aprendizajes (4.7); separación de habilitación (4.8); marcos de cualificaciones (4.9); colaboración entre IES (4.10); participación colaborativa de instituciones del ámbito de ingeniería (4.11).

Las propuestas se dirigen a las instituciones de educación superior, los organismos públicos pertinentes y la comunidad académica y profesional de ingeniería.

4.1. Concepto válido de Ingeniería

Se propone adoptar un concepto o definición de Ingeniería apta para fines formativos, tanto de ingeniería de base científica como de base tecnológica. Más allá de los alcances específicos de tal definición, lo más importante es la referencia que ella genera para los académicos y profesionales. A partir de tal concepto, se propone establecer los requisitos generales y las condiciones mínimas que se deben cumplir para que una carrera sea considerada como ingeniería.

En el caso de una ingeniería de base científica, los elementos fundamentales a considerar, entre otros, son: sólida formación en ciencias básicas y ciencias de la ingeniería, y una orientación fundamental al diseño de soluciones de problemas complejos de ingeniería.

4.2. Tipos de carreras de Ingeniería

Se propone realizar lo ya indicado en la sección 3.1. El alineamiento internacional en los tipos de carreras de Ingeniería asegura la armonización y aumento de calidad en el país.

4.3. Perfiles de ingreso

Se propone establecer perfiles de ingreso a las carreras de Ingeniería en función de las posibilidades de una buena formación en las IES, según sus respectivos proyectos o modelos educativos.

4.4. Perfiles de egreso

Se propone realizar lo ya indicado en la sección 3.2. El alineamiento internacional en los perfiles de egreso asegura la armonización y calidad de la formación en el país.

4.5. Ciclos de formación y duración

Se propone establecer ciclos de formación de ingenieros similares a los usados en los marcos de cualificaciones existentes en los países avanzados. En el caso de la Ingeniería de base científica (Ingeniería Civil) se propone que estos ciclos sean:

- a) Para quienes orientan su formación al ejercicio de la profesión:
 - Grado de Licenciado en Ciencias de la Ingeniería: actividad de 240 SCT, realizable en un período de 4 años.
 - Título Profesional: un año adicional y 60 SCT.
 - Magíster Profesional: un año y medio adicional a la licenciatura y 90 SCT, con requisito de ingreso de haber ejercido la profesión en el área profesional del magíster.
 - Por lo tanto, la estructura licenciatura-título-magíster resulta con duración: 4+1+1,5=6,5 años.
 - Doctorado en Ingeniería: dos años adicionales al grado de magíster.
- b) Para quienes orienten su formación a la academia:
 - Grado de licenciado en Ciencias de la Ingeniería: duración 4 años y 240 SCT
 - Título Profesional: un año adicional y 60 SCT.
 - Magíster Académico o Científico: dos años de duración adicional y 120 SCT.

Doctorado: dos años adicionales al magíster académico o científico y 120
 SCT adicionales.

También, la estructura puede ser:

- Grado de licenciado en Ciencias de la Ingeniería: duración 4 años y 240 SCT.
- Magíster Académico o Científico: dos años de duración adicional y 120 SCT.
- Doctorado: dos años adicionales al magíster académico o científico y 120 SCT adicionales.

Por lo tanto, la estructura para la primera opción tiene una duración de 4+1+2+2= 9 años y para la segunda opción 4+2+2= 8 años.

4.6. Sistemas de créditos transferibles

Se propone realizar lo ya indicado en la sección 3.3. Al aplicar el alineamiento internacional se asegura la calidad y satisfacción de las necesidades de Chile en este tema.

4.7. Resultados de aprendizajes

Se propone realizar lo ya indicado en la sección 3.4. Al aplicar el alineamiento internacional se asegura la calidad y satisfacción de las necesidades de Chile en este tema.

4.8. Separación de habilitación profesional

Se propone realizar lo ya indicado en la sección 3.5. Al aplicar el alineamiento internacional se asegura la calidad y satisfacción de las necesidades de Chile en este tema.

4.9. Marcos de cualificaciones

Se propone utilizar los marcos de cualificaciones para organizar el currículum de Ingeniería y para lograr su adecuada articulación entre las diversas carreras. Esto es también valioso para el alineamiento internacional.

El MINEDUC ha hecho un planteamiento sobre la definición y aplicación de marcos de cualificaciones en Chile, que es aplicable al ámbito de ingeniería, según se ha expuesto en el capítulo V de este informe.

La experiencia en los países desarrollados muestra la contribución positiva de

este instrumento, que es tanto de carácter académico como de política pública en educación.

4.10. Colaboración entre instituciones de educación superior y organismos públicos

Se propone aumentar y sistematizar la colaboración entre las IES (a nivel individual y colectivo, en particular CONDEFI, CRUCH y otros) y los organismos públicos pertinentes (DIVESUP-DFI, CORFO, CONICYT, CNA) para lograr la armonización nacional y también el alineamiento internacional en la formación de ingenieros.

4.11. Participación colaborativa de instituciones del ámbito de Ingeniería

Se propone aumentar y sistematizar la participación de los Colegios Profesionales, los organismos de Ingeniería (Instituto de Ingenieros, Academia de Ingeniería, SO-CHEDI, Asociación de Empresas de Ingeniería de Chile AIC, organismos empresariales como Cámara Chilena de la Construcción, otros) y las Instituciones de Educación Superior que imparten carreras de Ingeniería en las discusiones y definiciones sobre los temas de formación de ingenieros.

Esta participación es complementaria e importante respecto de la colaboración señalada en 4.10.

5. Proposiciones sobre la pertinencia de la formación

En esta sección se hacen planteamientos sobre la pertinencia de la formación de ingenieros, principalmente desde la perspectiva de los resultados de aprendizajes que es conveniente considerar en las carreras de Ingeniería de base científica (Ingeniería Civil).

En los diversos análisis hechos al respecto, tanto en el seno de la CFI como en otras instancias, se ha concordado en la conveniencia de adoptar las tendencias internacionales sobre pertinencia y resultados de aprendizaje. En particular, considerar como referencias a tener en cuenta los planteamientos hechos por organismos como ABET en EUA y la Iniciativa CDIO.

En el Cuadro II.1 del Capítulo II de este informe se presentan los resultados de aprendizaje establecidos por ABET y en otras secciones del Capítulo II se abordan las orientaciones que da CDIO y los criterios que recomienda ASEE. Por cierto, estos criterios son útiles tanto para abordar la pertinencia de las carreras como para la organización del currículum. Debe tenerse presente que CDIO, en su actualización

de 2011⁵⁹, ha desarrollado especialmente los temas de innovación y emprendimiento. Asimismo, ABET ha venido trabajando en esa dirección y es posible que haga planteamientos avanzados a este respecto en sus próximas actualizaciones. En todo caso, considerando que ABET es una entidad de acreditación, sus planteamientos para la formación deben considerarse como base, orientándose con los planteamientos de las otras entidades a requerimientos más exigentes y desafiantes.

Las necesidades de pertinencia detectadas en el ejercicio profesional en Chile, tratadas en los capítulos anteriores de este informe, están bien representadas en esos criterios. Por consiguiente, se propone a la comunidad académica y profesional así como a las universidades y los organismos públicos adoptar oficialmente esos criterios.

Es muy importante destacar que asegurando la pertinencia, nacional e internacional, de la formación de ingenieros, también se logra una parte valiosa de la relevancia de la contribución de los ingenieros a la sociedad.

Además, para lograr mayor relevancia en la formación de ingenieros se requiere aumentar la innovación y el emprendimiento y otras articulaciones, según se expone en los apartados 6.5 a 6.8.

6. Proposiciones sobre diseño e implementación de las carreras de Ingeniería

En esta sección se plantea un conjunto de proposiciones a tener presente en el diseño e implementación de carreras de Ingeniería, con el fin de mejorar la pertinencia, relevancia, calidad, eficacia y la eficiencia en la formación de ingenieros. Esto es válido tanto para la renovación de carreras existentes como para la creación de nuevas carreras.

Las propuestas están dirigidas a las instituciones de educación superior, los organismos públicos pertinentes y la comunidad de académicos y profesionales de ingeniería.

Para ello es necesario que las instituciones y los académicos tengan una mirada integradora de los factores que inciden en el éxito de la formación de ingenieros.

Se abordan: el currículo (6.1); los estudiantes (6.2); los docentes (6.3); las metodologías y los recursos de aprendizaje (6.4); educación en línea (6.5); vinculación con el medio (6.6); articulación con I+D (6.7); la articulación con el emprendimiento y la innovación (6.8); la multiculturalidad e internacionalización (6.9); la progresión de los estudiantes (6.10).

6.1. Estructura del Currículo

El currículum es el componente determinante en la formación de ingenieros.

⁵⁹ CDIO. Programa condensado, v2.0, 2011.

Para abordarlo se proponen las iniciativas que se plantean a continuación: proyecto educativo institucional (6.1.1); contenido del currículum (6.1.2); articulación de pregrado con postgrado y educación continua (6.1.3); perfiles de ingreso (6.1.4); perfiles de egreso (6.1.5); resultados de aprendizaje (6.1.6); generación y gestión del conocimiento pertinente y relevante (6.1.7); competencias genéricas de los estudiantes (6.1.8); aplicación a problemas concretos de la realidad (6.1.9).

Las universidades chilenas ya aplican, con diversos grados de heterogeneidad y profundidad, varias de estas iniciativas. Entonces, el desafío es justamente asegurar la sistematización y efectividad de su uso en las universidades.

6.1.1. Proyecto Educativo Institucional (PEI)

Para un adecuado diseño de las carreras de Ingeniería que considere la misión institucional, es conveniente que las instituciones dispongan de su respectivo Proyecto Educativo Institucional, que defina el sello que la institución quiere verificar en sus egresados, el modelo curricular adoptado y la metodología para su implementación. Además, la entidad responsable de la formación de los ingenieros (Facultad o Escuela de Ingeniería) debe explicitar el sello distintivo para los ingenieros formados en ella.

El PEI se orienta a proveer una identidad que busca hacer muy efectiva la inserción y la progresión laboral de los graduados y titulados.

6.1.2. Contenido del currículum

El contenido del currículum debe incluir los conocimientos y competencias para lograr el perfil de egreso (según lo expuesto en la sección 5); el uso de SCT indicado en 4.6; los ciclos formativos y duración indicados en 4.5 y la articulación de carreras diferentes.

6.1.3. Articulación del Pregrado con Postgrado y Educación Continua

Al diseñar las carreras de Ingeniería a nivel de Pregrado, se recomienda a las instituciones establecer claramente su articulación con los programas de Postgrado (Magíster, tanto académico o científico como profesional y el Doctorado) y los programas de Educación Continua.

Las articulaciones deben esclarecer las trayectorias formativas y los plazos para su realización. Más aún, se sugiere que las articulaciones se consideren también respecto de los programas de Postgrado de calidad existentes en diversas universidades chilenas y extranjeras.

6.1.4. Perfiles de ingreso

En el diseño del plan de estudio se recomienda establecer el perfil de ingreso que se

espera tengan los estudiantes que se incorporan a la carrera, de modo que el PEI sea válido para ellos. Éste debe ser consistente con los requisitos de admisión a la carrera y considerar la situación actual de los estudiantes que egresan de la Enseñanza Media, y utilizarse para las pruebas de diagnóstico obligatorias para evaluar el perfil de ingreso de ellos.

Para los estudiantes que no logren resultados satisfactorios, la institución debe incorporarlos a acciones de nivelación de competencias, explícitas en el diseño de la carrera, para su pleno cumplimiento. Esto con el fin de lograr razonables tasas de retención, tiempo de titulación y tasa de titulación, las que actualmente son bajas en el ámbito de ingeniería en las IES chilenas.

6.1.5. Perfiles de egreso

Se recomienda a las instituciones usar los criterios abordados en la sección 6.3 respecto de la definición de los perfiles de egreso.

Las instituciones deben establecer claramente los resultados de aprendizaje asociados al perfil de egreso que definan.

En el proceso de diseño, construcción y validación del perfil de egreso de una carrera de Ingeniería, se recomienda a las instituciones incorporar sistemática y explícitamente la participación y las opiniones de los actores internos (académicos, estudiantes, directivos) y de los actores externos a la carrera (egresados, empleadores, industria, empresas, expertos y organismos vinculados a la ingeniería).

Muy especialmente se deben considerar los actores líderes de la industria y los organismos públicos que influyen en las tendencias en ingeniería. Esto incluye desde empresas tecnológicas internacionales hasta los organismos a cargo de nuevas regulaciones (por ejemplo, en energía).

6.1.6. Resultados de aprendizaje

Se recomienda a las instituciones que expliciten en forma sistemática los resultados de aprendizajes y los niveles de logro esperados en las actividades curriculares (cursos, módulos, talleres, laboratorios, integrados, *capstone projects* y otros) que forman parte del plan de estudio de cada carrera de Ingeniería. Esto hace posible que tanto los docentes como los estudiantes conozcan lo que se espera de cada actividad.

Para esto, se sugiere elaborar la respectiva matriz de correspondencia o tributación, entre los resultados de aprendizaje establecidos en la carrera, a partir del perfil de egreso y la contribución de cada actividad curricular al logro de ellos.

Adicionalmente, se recomienda a las instituciones incorporar sistemáticamente actividades integradoras e innovadoras, a distintos niveles, para ir evaluando el logro de los resultados de aprendizaje, en forma complementaria a lo que realiza cada profesor en su actividad curricular. Esto requiere un trabajo en equipo de los docentes de la carrera, para su diseño e implementación.

Al mismo tiempo, las instituciones deben involucrar a los docentes que impar-

ten las actividades curriculares profesionales en la definición de los resultados de aprendizajes esperados de las asignaturas de ciencias básicas que, por lo general, son dictadas por docentes de otras unidades académicas (principalmente de los Departamentos de Matemática, Física, Química y Biología).

6.1.7. Generación y gestión del conocimiento pertinente y relevante

Se recomienda a las instituciones que fortalezcan las siguientes funciones en la perspectiva de la pertinencia y relevancia de la formación de ingenieros: la interdisciplinaridad, la investigación y desarrollo, la innovación, la gestión, el emprendimiento, las comunicaciones en español e inglés.

Todas ellas contribuyen a la generación, integración y uso efectivo del conocimiento pertinente y relevante, así como al desarrollo de competencias profesionales.

6.1.8. Competencias genéricas de los estudiantes

Se recomienda a las instituciones que desarrollen en los estudiantes las competencias genéricas durante su proceso formativo, principalmente aquellas relacionadas con: liderazgo, trabajo en equipo, gestión, emprendimiento e innovación, y dominio de los idiomas español e inglés.

En particular, en idioma inglés, la institución debe definir el nivel de logro mediante los parámetros internacionales (por ejemplo ALTE de la Unión Europea u otros) y los mecanismos establecidos por la carrera para su cumplimiento, los que deben ser explícitos y conocidos por estudiantes y docentes.

6.1.9. Aplicación a problemas concretos de la realidad

Se recomienda a las instituciones incorporar en el currículo actividades integradoras y *Capstone Projects*, que permitan a los estudiantes aplicar sus conocimientos, sus habilidades y las actitudes desarrolladas a problemas concretos de la realidad y en ambientes lo más cercanos a lo que será su futuro desarrollo profesional.

Sobre la base de lo señalado, se recomienda definir los resultados de aprendizajes esperados en actividades importantes como son: las prácticas preprofesionales y la actividad de titulación. Esta última debe formar parte del currículo, situación que actualmente no ocurre en todas las carreras de Ingeniería Civil que se imparten en Chile y que contribuye a aumentar los tiempos que toman los estudiantes para titularse.

6.2 Roles y características de los estudiantes

Como se expuso en capítulos anteriores, los requisitos de ingreso a las carreras de Ingeniería en Chile son diversos. En el caso de Ingeniería Civil, más de 30 universi-

dades comparten los criterios establecidos por el Consejo de Rectores, que se basan en los resultados de la PSU, las notas de enseñanza media y el ranking de los estudiantes. Otras instituciones tienen requisitos propios, que van desde puntajes PSU mínimos hasta sólo la consideración de haber rendido la PSU.

Esto implica que son heterogéneos los perfiles de ingreso de los estudiantes a las carreras de Ingeniería, situación que se ha ido incrementando con el tiempo.

En las ingenierías civiles, algunas instituciones reciben estudiantes con altos puntajes PSU (promedio superior a 650 puntos) y otras instituciones reciben estudiantes con puntajes promedios inferiores a 500 puntos PSU.

Por otra parte, en algunas mediciones de perfiles de ingreso realizadas en universidades selectivas del país, se ha encontrado que a pesar de los altos puntajes de ingreso una fracción no despreciable de estudiantes no cumple el perfil de ingreso establecido para la carrera, en aspectos académicos como nivel de conocimientos en matemática, física y química.

Considerando lo antes expuesto y con el fin de mejorar la eficiencia y calidad en la formación de ingenieros, desde la perspectiva de los estudiantes, se proponen las siguientes actuaciones: articulación con la comunidad escolar (6.2.1); requisitos mínimos (6.2.2); diagnóstico de las competencias iniciales de los estudiantes y programas de nivelación (6.2.3); población de estudiantes (6.2.4); interacción temprana con la profesión (6.2.5); participación activa de los estudiantes en el aprendizaje (6.2.6).

6.2.1. Articulación con la comunidad escolar

Se recomienda a las instituciones mejorar sistemáticamente la vinculación y articulación con la comunidad escolar para apoyar tempranamente el interés de los estudiantes por la Ingeniería, en particular entre las mujeres. Esto se puede realizar mediante programas del tipo STEM o *Engineering* K-12, en forma individual por cada IES o colectiva entre ellas.

6.2.2. Requisitos mínimos

Si bien las instituciones de educación superior en Chile son autónomas, se propone buscar un consenso, entre ellas y los actores públicos, para establecer requisitos mínimos para ingresar a estudiar Ingeniería Civil.

Esto se ha considerado importante en la CFI, y por cierto en muchas instituciones, aunque no en todas.

6.2.3. Diagnóstico de las competencias iniciales de los estudiantes y programas de nivelación

Se recomienda a las instituciones utilizar sistemáticamente los tests de diagnóstico para medir el nivel de competencias con que ingresan los estudiantes a las carreras.

Se sugiere efectuar un test de matemática y física como mínimo. A partir de sus resultados, aplicar un programa de nivelación de competencias de los estudiantes que no cumplan las condiciones iniciales requeridas por las carreras.

Estas acciones deben contribuir a mejorar la retención de los estudiantes de Ingeniería, en especial en los primeros años.

Un programa de nivelación de competencias puede realizarse antes o después de la admisión, o una combinación continua de ellos a través del tiempo.

6.2.4. Población de estudiantes

Se recomienda a las instituciones sistematizar la definición y gestión de la población de estudiantes; en particular, haciendo un balance efectivo entre la admisión, la retención y la titulación oportuna. Para ello, las instituciones deben considerar las poblaciones específicas respecto de: género, situación económica y social, discapacidades y capacidades diferentes, pueblos originarios, extranjeros.

La visión armonizada de las poblaciones de estudiantes hace posible aumentar la calidad de la formación así como el número de titulados.

6.2.5. Interacción temprana con la profesión

Un aspecto importante a considerar, en el diseño de las carreras de Ingeniería, es que los estudiantes, desde el primer año, se relacionen con lo que es y hace un ingeniero. Esto significa que en el primer año, además de las asignaturas de ciencias básicas, se incorporen actividades académicas que cumplan un doble fin: que vayan mostrando cómo las ciencias básicas y las ciencias de ingeniería son fundamentales para poder solucionar problemas de ingeniería y, por otra parte, que el estudiante comprenda el quehacer de un ingeniero en su ejercicio profesional.

Dichas actividades deben plantearles a los estudiantes problemas reales de ingeniería que ellos deben investigar para encontrar las soluciones. Esto permite, además, resolver tempranamente los problemas vocacionales que presentan los estudiantes. Es conveniente que estas actividades sean realizadas por ingenieros.

6.2.6. Participación activa de los estudiantes en el aprendizaje

Se recomienda a las instituciones promover la participación activa de los estudiantes en su aprendizaje, buscando la autonomía y la autogestión de ellos. Esto implica el desarrollo de los roles diversos de participación de los estudiantes en su propia formación como ingenieros.

6.3. Cuerpo de docentes

Los docentes están en evolución como un rol académico relevante, además de sus

actividades en I+D y otras funciones en las IES.

En esa dinámica, se hacen las siguientes propuestas a las IES y a los propios académicos: nuevos roles del docente y del estudiante (6.3.1), perfiles de los docentes (6.3.2), renovación de la docencia (6.3.3), tutores y mentores (6.3.4), capacitación y perfeccionamiento de los docentes y otros colaboradores (6.3.5), evaluación de docentes, instructores, tutores y otros actores docentes (6.3.6).

6.3.1. Nuevos roles del docente y del estudiante

Según se expone en la sección 6.4, las diversas metodologías de enseñanza-aprendizaje, así como el aprendizaje activo, plantean nuevos desafíos, roles y funciones a los docentes y también a los estudiantes; en particular, como gestores de los aprendizajes y formadores de profesionales competentes.

Se recomienda a las instituciones apoyar a sus académicos para que asuman los nuevos roles docentes necesarios. Además de perseverar y profundizar en los roles tradicionales, que continúan siendo válidos.

Para ello es necesario que las condiciones e incentivos para los docentes estén bien alineados en las instituciones; en particular, en su representación en las carreras académicas.

La transición requiere capacitación y herramientas adecuadas de apoyo.

6.3.2. Perfiles de los docentes

Se recomienda a las instituciones que actualicen los perfiles de los académicos que se dedican a la docencia en ingeniería.

Estos perfiles deben considerar al menos lo siguiente: estar en el estado del arte de la disciplina o del campo de ingeniería; dominar las metodologías más efectivas de enseñanza-aprendizaje; tener un genuino interés en formar personas; comprender el ejercicio vigente de la profesión de ingeniero. Estas características de los perfiles docentes deben ser consideradas en los procesos de selección de docentes, de su evaluación y perfeccionamiento continuo. En particular, con el fin de asegurar el perfil adecuado de los docentes, es conveniente que la propiedad en el cargo sea otorgada después de varios años de evaluaciones positivas.

Considerando las distintas funciones que desempeñan los académicos en las IES, es necesario que las autoridades institucionales creen las condiciones y los incentivos para que los académicos desempeñen con prioridad y calidad la función docente, en la carrera académica, cuando corresponda. En esta dirección, algunas universidades chilenas están otorgando la propiedad en el cargo a los académicos, después de varias evaluaciones positivas en su desempeño docente.

6.3.3. Renovación de la docencia

Se recomienda a las instituciones renovar el ejercicio de la docencia por medio de

la incorporación de las metodologías de enseñanza-aprendizaje más efectivas en el ámbito de ingeniería, según se expone más adelante. Esto en forma complementaria a los nuevos roles indicados en apartado 6.3.1, e integradas con ellos.

La renovación consiste principalmente en la incorporación, por parte de los docentes, de nuevas metodologías de enseñanza-aprendizaje que permitan mejorar los resultados del aprendizaje de los estudiantes, las tasas de retención, las tasas de titulación y los tiempos de titulación.

Se recomiendan principalmente las metodologías activas que se exponen en la sección 6.4 y en el Capítulo II: Aprendizaje Basado en Problemas (ABP), Aprendizaje Basado en Proyectos (POL), Aprendizaje Basado en Casos (ABC), Aprendizaje Colaborativo, Instrucción entre Pares, Clase Invertida, Rompecabezas y Juego de Roles.

El uso de las metodologías activas de enseñanza-aprendizaje está en aumento, en los últimos años, en la mayoría de las Facultades y Escuelas de Ingeniería de Chile, siguiendo la tendencia de los países desarrollados. Pero todavía falta bastante para lograr su adopción y uso sistematizados.

6.3.4. Tutores y mentores

Se recomienda a las instituciones organizar los equipos de docencia formándolos: por tutores, mentores y otros roles, además de los docentes principales. Estas funciones pueden ser desempeñadas en algunos ámbitos por los docentes; en otros se requieren otras personas.

Las instituciones deben avanzar para lograr equipos docentes de alto desempeño en la función formadora de ingenieros.

6.3.5. Capacitación y perfeccionamiento de los docentes y otros colaboradores

Se recomienda a las universidades definir una política institucional e implementar un plan de capacitación y perfeccionamiento de los docentes y otros colaboradores de las carreras de Ingeniería, en las metodologías de enseñanza-aprendizaje y las renovaciones curriculares necesarias para lograr el perfil de egreso y cumplir con el plan de estudio de las carreras.

6.3.6. Evaluación de docentes, instructores, tutores y otros actores docentes

Se recomienda a las instituciones diseñar, implementar y operar mecanismos sistemáticos de evaluación y acompañamientos de docentes, instructores, tutores, mentores y otros colaboradores que participan en los procesos formativos; en particular, en las dinámicas de transición hasta lograr y mantener altos niveles de desempeño docente respecto de los resultados de aprendizaje de los estudiantes.

6.4. Metodologías y recursos de Enseñanza y Aprendizaje

Se recomienda a las instituciones diseñar e implementar metodologías y recursos de aprendizaje en función de los resultados de aprendizaje buscados. Muy especialmente en lo que respecta a las metodologías activas, por su significativo efecto en la formación de ingenieros. Para ello es importante tener presente: los tipos de recursos (6.4.1); un plan de implementación de las metodologías (6.4.2).

Según se expone en sección 6.3, las diversas metodologías de enseñanza-aprendizaje como el aprendizaje activo, plantean nuevos desafíos, roles y funciones a los docentes y también a los estudiantes.

6.4.1. Tipos de recursos

Se sugiere considerar la siguiente variedad de tipos de recursos que destacan por su efectividad, que se exponen en el Capítulo II sobre tendencias internacionales:

- Medios adecuados para aplicar metodologías de aprendizaje activo (Cuadro II.3).
- Software para apoyar los procesos de enseñanza-aprendizaje (Cuadro II.4).
- Dispositivos de interacción (Cuadro II.5).
- Medios audiovisuales (Cuadro II.6).
- Mapas conceptuales y mapas mentales (Cuadro II.7).

Las metodologías que usan estos recursos están basadas en los avances de la educación en varios campos, muy particularmente en los ámbitos científicos y tecnológicos. De hecho, están basadas en los avances de la ciencia y la tecnología.

Es importante que los docentes y otros colaboradores comprendan bien el uso y los efectos de estos recursos, tanto sus beneficios como sus limitaciones, antes de proceder a aplicarlos en la formación.

6.4.2. Plan de implementación

Se recomienda a las instituciones formular cuidadosamente los planes para la implementación de las metodologías y los recursos de enseñanza-aprendizaje para asegurar los beneficios que significan, y superar exitosamente la transición desde las condiciones previas.

Estos planes deben considerar al menos:

- Articulación de los recursos de enseñanza-aprendizaje con los resultados de aprendizaje buscados según la metodología seleccionada.
- Disposición de los medios y sistemas adecuados y suficientes para hacer viables y efectivas las respectivas metodologías.

- Capacitación y perfeccionamiento de los docentes y otros colaboradores que participan en la entrega educativa.
- Actualización de los mecanismos de evaluación de los aprendizajes.
- Incorporación a las normas y procedimientos institucionales, cuando corresponda.

6.5. Educación en línea

Se recomienda a las instituciones de educación superior acelerar el uso de la educación en línea de calidad en la formación de ingenieros. Este es un desafío de la mayor relevancia a nivel internacional, debido a la significativa digitalización que está desarrollándose en los diversos campos y disciplinas de la ingeniería y sus aplicaciones.

En particular, se recomienda el uso de las herramientas virtuales para apoyar la formación presencial.

6.6. Vinculación con el Medio

Se recomienda a las instituciones abordar con determinación y en forma sistemática la vinculación con el medio, en particular por su significativa contribución a la formación de ingenieros.

El propósito de la vinculación con el medio es generar conocimientos y valores compartidos, horizontales y bidireccionales, basados en las oportunidades de desarrollo, las demandas y la interacción fecunda entre la academia y los actores sociales, culturales y productivos externos a la universidad. La ingeniería es un ámbito de alta fertilidad para la vinculación con el medio, debido a su contribución en resolver problemas de la sociedad.

La creación de valor compartido significa tanto un aporte relevante y beneficioso para la sociedad, como para la dinámica de desarrollo de la propia unidad académica y sus respectivas carreras.

Una dimensión particular y relevante es la vinculación con la comunidad de egresados de las Facultades y Escuelas de Ingeniería. Esto debe considerar el seguimiento sistemático, la retroalimentación y la creación de valor a través de la colaboración. Asimismo, los representantes de las empresas y otros actores pueden participar en los consejos consultivos de las carreras y los programas de postgrado.

Otra dimensión relevante es la vinculación con el sector productivo con los fines de aumentar la pertinencia y relevancia de la formación (por medio de consejos consultivos y otras formas) y de realizar I+D y la tercera misión universitaria.

En los cuadros VIII.1 y VIII.2 se presentan algunas características de la vinculación del medio en las IES, en particular en lo que respecta a su relevancia y al modo bidireccional.

En función de esto, en los apartados siguientes se presentan unas propuestas respecto a: elementos para la vinculación con el medio de calidad y efectiva (6.6.1); acciones y contribuciones de la vinculación con el medio para mejorar la formación de ingenieros (6.6.2).

Cuadro VIII.1. Relevancia de la Vinculación con el Medio.

La vinculación con el medio debe ser asumida explícitamente por las IES como el soporte de la tercera misión esencial de las unidades académicas de las cuales dependen las carreras de Ingeniería. La tercera misión debe ser entendida como generadora de valor en la sociedad a la par que la docencia (primera misión) y en la investigación y desarrollo (segunda misión), además de nutrir y retroalimentar la calidad y pertinencia de éstas.

Ello significa establecer un diálogo permanente e institucionalizado con los actores relevantes del medio para el desarrollo pertinente de cada carrera. La vinculación con el medio alcanza su expresión más completa cuando está organizada por políticas, mecanismos, acciones y resultados dirigidos a instalar un significativo intercambio con el medio con sentido bidireccional, en espacios de construcción compartida de conocimiento y valor.

De este modo, los procesos de generación y gestión del conocimiento y valor se enriquecen con las perspectivas de los actores públicos, empresariales y sociales, en diálogos fecundos.

Al usar los diferentes medios científicos y tecnológicos el entorno de las unidades académicas y carreras se constituye en un espacio activo e insustituible del proceso de definición y construcción de las áreas de investigación y desarrollo, intervención participativa, transferencia y aplicación de conocimientos.

Con tal finalidad, es necesario que las unidades académicas realicen, en forma articulada, tres pasos determinantes:

- Definir estratégicamente su medio de desarrollo relevante.
- Crear más y mejores espacios de interacción.
- Institucionalizar el enfoque de generación compartida de conocimientos.

Visto así, la vinculación con el medio no se limita a la mera realización de una multiplicidad de acciones dispersas relacionadas con el entorno, ni de cultivar o ampliar de cualquier forma los espacios de interacción con el medio. En el fondo, significa inducir el cambio de enfoque en la vinculación y, dentro de ese marco, institucionalizar los espacios y vínculos de interacción, para diseñar, poner en práctica y evaluar el impacto de las respectivas políticas e instrumentos institucionales. De ese modo, además de asegurar la calidad y pertinencia de las actividades de vinculación, la institución debe facilitar que éstas contribuyan efectivamente a nutrir, orientar y enriquecer a las otras dos misiones esenciales de la universidad: la investigación y desarrollo, y la docencia.

Asumida así, la vinculación con el medio se constituye en un aporte insustituible a la calidad y pertinencia de todo el quehacer de la universidad, en particular respecto de los diálogos, los aprendizajes compartidos y la colaboración con aquellos actores de la sociedad definidos como estratégicos por la institución.

Fuente: Elaboración a partir de documentos de universidades y CNA.

Cuadro VIII.2. Modo bidireccional de la Vinculación con el Medio.

Caracterización de la bidireccionalidad

La universidad como organización, en cualquier época y contexto, necesariamente ha funcionado con alguna vinculación a su entorno. Antes se consideraba que dicho entorno correspondía, básicamente, a las fronteras de un sistema de educación superior en el que la universidad ocupaba el centro. Por lo tanto, en el desarrollo de sus funciones las universidades no solo se habían orientado hacia su medio interno, sino que también habían tenido que responder a dicho medio externo.

En este contexto, la vinculación de las universidades ha venido transitando desde ese modo tradicional, caracterizado principalmente por una relación unidireccional (representado por la extensión académica) con un medio compuesto por grupos e instituciones acotadas, hacia un modo bidireccional, en que el medio está compuesto ahora por grupos de interés más amplios. Esto está siendo incorporado en la definición estratégica y funcionamiento de las universidades en Chile, siguiendo tendencias de los países desarrollados.

Actuaciones relevantes para lograr la bidireccionalidad

Por ello, es importante inducir y acelerar el cambio de enfoque en la vinculación con el medio en las instituciones. Entonces, se requiere, entre otros aspectos, que las unidades académicas de las que dependen las carreras de Ingeniería (Facultad, Escuela o Departamento) establezcan:

- Una definición estratégica del medio relevante en que se desarrolla la respectiva unidad académica y sus carreras.
- La creación e institucionalización de espacios de diálogos y colaboración que hagan posible una construcción compartida de conocimientos y de creación de valor, con actores de la sociedad pertinentes a los ámbitos del quehacer de las IES.
- La retroalimentación positiva de los resultados de vinculación bidireccional sobre la calidad y pertinencia de las otras dos funciones esenciales de la universidad: la docencia y la investigación y desarrollo.
- La incorporación de mecanismos de aseguramiento de calidad y rendición de cuentas sobre los procesos que conforman la vinculación con el medio.

Fuente: Elaboración a partir de documentos de universidades y CNA.

6.6.1. Elementos para la Vinculación con el Medio de calidad y efectiva

Se recomienda que las instituciones aseguren los siguientes aspectos en las unidades académicas responsables de las carreras de Ingeniería, con el fin de lograr altos niveles de calidad y efectividad de la vinculación con el medio y, además, ser aptos para su acreditación en CNA y a nivel internacional:

- Existencia de una política de Vinculación con el Medio, que establezca como mínimo:
 - Los objetivos que se buscan con ella en la universidad, y en el ámbito de ingeniería y en las respectivas carreras (impacto interno y externo).

- Las áreas de interés y los grupos de interés para la vinculación (Campo).
- Los mecanismos de vinculación (procesos y sus productos o servicios) para llevarla a cabo (Componentes).
- Cobertura geográfica de la vinculación a nivel local, regional, nacional e internacional (Espacio de Interacción).
- Instancias existentes en la universidad para su materialización, a nivel central y en las unidades académicas y mecanismos para lograr los propósitos buscados.
- Financiamiento y sustentabilidad de la vinculación con el medio.

• La unidad académica debe:

- Contar con propósitos y fines claramente definidos en la vinculación, que sean consecuentes y alineados con su misión institucional.
- Tener claramente definidas sus áreas de interés, sus objetivos públicos y los productos que ofrece.
- Tener una estructura y organización claramente definida, aprobada y en pleno funcionamiento.
- Lograr que las actividades que realice sirvan para retroalimentar todo el quehacer institucional y ayudar a hacerlo más pertinente, eficaz y eficiente.
- Tener mecanismos claros para medir su impacto, tanto en el medio externo como hacia el interior de la institución.
- Contar con indicadores, previamente definidos, para medir los logros e impactos alcanzados, mostrando su evolución en el tiempo.
- Disponer de recursos asignados a esta actividad.
- Establecer una metodología para formular las iniciativas de mejoramiento con el medio.

6.6.2. Acciones y contribuciones de la Vinculación con el Medio para mejorar la formación de ingenieros

Se recomienda a las instituciones fortalecer significativamente y profundizar la formación de ingenieros en cuanto a la vinculación con el medio, según los planteamientos expuestos en los apartados anteriores.

Para ello es necesario considerar lo siguiente:

• Asegurar las contribuciones de la Vinculación con el Medio

Se recomienda que las instituciones se orienten y organicen para lograr los siguientes impactos internos y externos por efecto de la vinculación con el medio:

 Aumento de pertinencia del quehacer institucional en las diversas funciones, principalmente docencia e I+D, al vincular las unidades académicas y sus carreras con el medio.

- Logro de la retroalimentación del medio externo y, con ello, el mejoramiento de la pertinencia de los perfiles de egreso y de los planes de estudio en la formación de los ingenieros.
- Fortalecimiento y actualización de las capacidades disciplinarias e interdisciplinarias de los docentes de las carreras de Ingeniería.
- Aumento del logro de los resultados de aprendizaje contemplados en el perfil de egreso de las carreras de Ingeniería.
- Generación de mejores prácticas preprofesionales para los estudiantes y futuras fuentes laborales para los titulados de las carreras.
- Fortalecimiento de la realización de investigación aplicada, capacitación y asistencia técnica vinculadas a los problemas relevantes de las empresas e industrias.
- Aumento de calidad y efectividad de las actividades de titulación en temas de interés para las empresas, la industria, la región y el país.

Acciones

Se recomienda que las instituciones creen las condiciones e incentivos adecuados para que se realice la vinculación con el medio con calidad y se obtengan los beneficios indicados en el punto anterior.

Para tener una relación cercana y fluida con las empresas, las instituciones deben incentivar y apoyar a los académicos de ingeniería para que realicen, cada cierto tiempo, una pasantía en una empresa donde puedan trabajar en su especialidad o en un proyecto colaborativo con ella.

Esto es provechoso al menos en dos aspectos: la generación de vínculos con la empresa para la realización futura de educación continua y para la realización de actividades de I+D; y además favorecer algunos aspectos prácticos de los estudiantes, como poder realizar en la empresa los proyectos integradores del currículo, las prácticas profesionales, y facilitar las memorias a través del *Capstone Project*, por ejemplo. Como se expone en el Capítulo II, el *Capstone Project* es una modalidad de integración y aplicación de aprendizajes por los estudiantes quienes, con el apoyo de la Universidad, desarrollan un proyecto al interior de una empresa, solucionando requerimientos reales de ésta.

Para que el *Capstone Project* sea exitoso, se debe cumplir lo siguiente:

- Una muy buena coordinación entre la empresa y la universidad.
- Una preparación previa para determinar en conjunto con la empresa los posibles proyectos y su acotación para una buena selección.
- Un buen análisis con la empresa de las alternativas de solución del proyecto y ver la factibilidad de desarrollarlo en el tiempo que se dispone para el Capstone Project.

Los estudiantes logran los siguientes beneficios del Capstone Project:

- Una experiencia práctica y útil en una empresa o institución, que les permite valorar la preparación en la universidad y visualizar lo que sería su futuro desempeño laboral.
- El acceso a la posibilidad de trabajo futuro, al mostrar sus competencias e intereses.
- Darse a conocer más ampliamente en diferentes instancias con la presentación del proyecto realizado por ejemplo, no sólo en la empresa sino que en una Feria, por medio de un poster, o en foros.

Durante el desarrollo del *Capstone Project*, los estudiantes deben hacer presentaciones frecuentes, sobre su avance, a los profesores de la universidad y a los profesionales a cargo en la empresa, quienes deben deliberar sobre el desempeño de los estudiantes y las eventuales medidas correctivas.

Es recomendable que parte de la vinculación con la comunidad se efectúe a través de los proyectos que realizan los estudiantes, los que se pueden presentar en una Feria con invitación a colegios, a las personas a las que se les solucionan problemas y autoridades, y a los medios de comunicación social.

Los posibles temas para proyectos de primer año van desde desafíos industriales hasta temas que faciliten la vida a los discapacitados, otros que mejoren la vida de los estudiantes en la universidad y proyectos en una escuela en riesgo social. El FabLab facilita la realización de algunos de estos proyectos, ya que los estudiantes pueden fabricar las piezas que necesitan utilizando la maquinaria industrial directamente y bajo la supervisión de un profesor.

6.7. Articulación de la formación con I+D

Se recomienda a las instituciones realizar una articulación, tan profunda como sea posible, entre la docencia en ingeniería y la función de investigación y desarrollo. Esto es necesario, tanto para mantener actualizada las disciplinas e interdisciplinas presentes en las distintas carreras, como para desarrollar el pensamiento crítico entre los estudiantes. Debido a la aceleración de los avances científicos y tecnológicos, es necesario que esta articulación sea fluida y continua.

Las formas principales de articulación entre docencia e I+D son: las motivaciones y orientaciones de los académicos en el ejercicio directo de la docencia; la actualización curricular en función de los nuevos conocimientos; la renovación de laboratorios; la participación de los estudiantes en proyectos de investigación y desarrollo; la realización de nuevas actividades extracurriculares y cocurriculares.

6.8. Articulación de la formación con el emprendimiento y la innovación

Se recomienda a las instituciones acelerar y sistematizar la articulación en la formación de ingenieros con los diversos tipos de actividades de innovación y emprendimiento. Como se ha visto en secciones anteriores, esto es una necesidad objetiva para aumentar tanto la pertinencia como la relevancia de la formación de ingenieros en Chile. Asimismo, para el alineamiento con las tendencias internacionales en estas materias.

A su vez, las actividades de innovación y emprendimiento se pueden articular directamente con alguna de las actividades de investigación y desarrollo, lo cual crea una poderosa sinergia para la formación de ingenieros.

6.9. Multiculturalidad e internacionalización en la formación

Se recomienda a las instituciones fortalecer, acelerar y sistematizar el desarrollo de las actividades de multiculturalidad e internacionalización en la formación de ingenieros. Ambas dinámicas son de extraordinaria importancia para: aumentar la calidad y efectividad de la formación; aumentar el número de ingenieros de distintas especialidades.

6.10. Progresión de estudiantes

Se recomienda a las instituciones dar especial atención a la progresión de los estudiantes durante su ciclo formativo. Éste es un tema de la mayor relevancia.

Las universidades chilenas ya abordan estos procesos, pero es necesario aumentar los esfuerzos y mejorar los diseños de las intervenciones para asegurar la obtención de resultados muy superiores, pues las brechas son todavía altas.

Los énfasis más importantes deben estar en la retención de primer año, en la tasa de titulación oportuna y en el tiempo medio de permanencia en la institución.

7. Factores relevantes para lograr un cambio exitoso en la formación de ingenieros

Considerando tanto la experiencia internacional⁶⁰, como los avances logrados hasta ahora en la renovación en Chile, se recomiendan a las IES los siguientes factores

⁶⁰ Achieving excellence in engineering education: the ingredients of successful change. The Royal Academy of Engineering and MIT. 2012.

relevantes para realizar programas de cambio sistémico exitoso en la formación de ingenieros:

- Contexto para el cambio (7.1).
- Liderazgo y compromiso de los académicos con el cambio (7.2).
- Diseño e implementación de la renovación de la formación (7.3).
- Mantención del cambio (7.4).

7.1. Contexto para el cambio

Se recomienda a las instituciones promover, entre los profesores y directivos, una idea clara del propósito común, basada en el reconocimiento general de que la renovación de la formación de ingenieros es inevitable y necesaria.

Este propósito común debe ser establecido comprendiendo que tal necesidad imperativa de cambio ocurre generalmente en uno de los siguientes escenarios:

i) Escenario A: La Facultad o Escuela tiene un importante problema con su posición en el sistema de educación superior

En general, a nivel internacional, este problema consiste en una disminución en la calidad y cantidad de alumnos admitidos, una competencia cada vez mayor con otras IES o malas tasas de empleo de sus graduados. Con esto resulta una importante presión para cambiar, ejercida por el máximo organismo colegiado de la universidad o la autoridad superior (Junta Directiva o Consejo Superior o Rectoría) y no sólo a nivel de Facultad o Escuela. Esta necesidad, impuesta para un cambio fundamental, es bastante evidente para los profesores, quienes se involucran en el desafío compartido de la tarea.

Los cambios provocados por este tipo de circunstancia parecen tener buenas probabilidades de resultados exitosos.

Según estudios realizados, alrededor de un 70 a 80% de los esfuerzos de cambio evaluados se encuentran en este tipo de escenarios de cambio.

ii) Escenario B: Cambios obligatorios del SES

En una cantidad reducida de casos, a nivel internacional (alrededor del 10%), la renovación responde a cambios obligatorios impuestos externamente, a nivel nacional, al respectivo Sistema de Educación Superior (SES).

Generalmente, estos cambios involucran una reestructuración universitaria importante o un cambio, oportunidad que se aprovecha para implementar mayores cambios en la formación de ingeniería.

iii) Escenario C: Iniciativa interna

Entre el 5-10% de los casos a nivel internacional, los cambios ocurren en la Facultad o Escuela donde ya existe liderazgo para el cambio y una cultura de innovación y de toma de riesgos.

Una proporción significativa de los profesores usan su sentido de responsabilidad colectiva, comparten una visión del cambio del programa de pregrado y creen que sus esfuerzos para mejorar el currículo serán reconocidos a nivel directivo.

Estas circunstancias de cambio son menos frecuentes, pues suponen que la innovación existente o la experiencia de investigación y desarrollo ejercen una influencia positiva en la formación de ingenieros.

7.2. Liderazgo y compromiso de los académicos con el cambio

Se recomienda que los directivos institucionales comprendan y valoren el liderazgo y el compromiso de sus académicos, en particular, buscando que estén presentes los tres aspectos que se necesitan para un cambio exitoso:

- Que el Decano de Facultad y los Directores de Escuelas estén totalmente comprometidos con la renovación y frecuentemente alguno de ellos lidera la iniciativa de cambio.
- Que los directivos superiores de la Universidad hayan expresado su apoyo a la renovación, explícitamente y en público.
- Que los académicos que están participando en los procesos de cambio crean que sus esfuerzos serán reconocidos por la dirección superior, aunque no necesariamente premiados en los procesos de promoción.

7.3. Diseño e implementación de la renovación de la formación

Se recomienda que las instituciones se organicen para considerar, en el diseño e implementación de la renovación, los siguientes aspectos que provienen de la experiencia internacional:

- Que la visión de la renovación sea claramente comunicada a los académicos, con énfasis en los factores que provocan el cambio. Y buscando que un número significativo de académicos se comprometa con los objetivos de la renovación.
- Que independientemente de la magnitud del cambio, sean reevaluadas las prioridades fundamentales y el enfoque del programa formativo completo, de tal manera que todos los cambios sean un núcleo integrador de una estructura curricular coherente.

- Que se adopte un enfoque educativo de carácter "único", que busque establecer un *benchmark* para la práctica nacional e internacional.
- Que una proporción alta de profesores estén involucrados en el proceso de diseño del currículo.
- Que un pequeño número de personas, elegidas cuidadosamente, tengan la tarea del diseño detallado, la planificación y la gestión de la renovación, y su tiempo laboral sea oficialmente liberado para estas actividades.
- Que no se ejerza presión en los académicos reacios respecto de cambiar su estilo de entrega educativa preferida, y una proporción del currículo se mantenga de modo que este grupo pueda seguir funcionando.
- Que se adopte la enseñanza en equipo colaborativo, o alguna forma de enseñanza con responsabilidad compartida, en los cursos emblemáticos.

7.4. Mantención del cambio

Se recomienda a las instituciones organizar y asignar las capacidades para asegurar los resultados de los cambios. En particular que:

- Se efectúen evaluaciones de impacto a mediano y largo plazo.
- Sean bien difundidos los resultados e impactos (incluidos los éxitos tempranos).
- Se perciba una mejora significativa en la calidad de entrada de los estudiantes y de su motivación en respuesta a la renovación.
- Los académicos estén comprometidos en alguna forma con los cambios y mejoramientos educacionales en curso.

CAPÍTULO IX

PLANTEAMIENTOS DE ESTRATEGIAS PARA LA IMPLEMENTACIÓN EFECTIVA DE LOS CAMBIOS

Como se ha expuesto a través de todos los capítulos anteriores, la renovación de las Facultades chilenas de clase mundial requiere una gestión técnica del cambio. Esta debe incorporar a los distintos actores necesarios para que exista la transformación. Entre ellas, las propias universidades, los académicos, los estudiantes, las agencias públicas, las empresas y otros.

Para abordar este cambio es necesario un conjunto de estrategias; las que se exponen a continuación: estrategias respecto de las agencias y organismos públicos, estrategias para las autoridades universitarias, estrategias para los cuerpos académicos, estrategias para los estudiantes, estrategias para las empresas y otros actores, estrategias para los egresados.

En el Resumen Ejecutivo de este informe se presenta una síntesis evolucionada de los planteamientos que se hacen en el presente capítulo y en los capítulos VII y VIII. Estos es, son propuestas que se derivan del análisis del conjunto de todos los planteamientos expuestos, lo cual implica la generación de propuestas adicionales.

1. Estrategias desde y respecto de las agencias públicas, Ministerios y CND

Estas estrategias deben considerar: los estándares internacionales, la inversión pública, la articulación de las agencias públicas, la acreditación con criterios internacionales, la interacción sistematizada con ministerios y organismos públicos, un observatorio de ingeniería.

1.1. Programa permanente y dedicado a promover la formación de ingenieros con estándares internacionales

En éste se debe considerar:

• Objetivos prescriptivos y objetivos voluntarios.

- Conducción desde las agencias públicas con colaboración de las universidades y otros actores.
- Niveles de inversión adecuados al desafío.
- Ámbitos: duración de carreras; perfiles de egreso; currículo actualizado; cuerpo académico; laboratorios; aplicación de TIC; educación durante el ciclo de vida (pregrado, postgrado, educación continua); atracción de talentos; vinculación con I+D; vinculación con emprendimiento e innovación; vinculación con los sectores; educación en línea productivos y la sociedad (tercera misión); internacionalización.
- Constitución de Comité Directivo del Programa con participación de ingenieros chilenos y extranjeros, con capacidad de tomar decisiones.
- Espacios colaborativos y competitivos. El espacio colaborativo ha de disponer de una variedad de medios (por ejemplo, herramientas de enseñanza-aprendiza-je), instancias (por ejemplo, benchmarking y mecanismos comunes de desarrollo académico).
- Validación y certificaciones externas a las universidades con criterios de calidad internacional.

1.2. Inversión pública con nuevos criterios

Ésta debe considerar:

- Orientación al aprendizaje, de las personas y a sus impactos en la ingeniería.
- Conexión con las necesidades de Chile y de las personas.
- Conexión con las tendencias internacionales en tecnología e ingeniería.
- Apalancamiento sistemático de otras fuentes públicas y privadas.
- Accountability público.

1.3. Articulación de agencias públicas y CNID

- Objetivo: aumentar significativamente la efectividad de las políticas e inversiones de las agencias públicas, en el ámbito de Ingeniería y, en particular, en la formación de ingenieros.
- Articulación de instrumentos y programas de CONICYT, CORFO y DFI en torno a la Ingeniería (educación, ciencia, tecnología, innovación).
- Coherencia de esa articulación con la Estrategia Nacional de Innovación de la CNID, en la cual la Ingeniería tiene un rol importante.
- Creación de Comité de Coordinación entre agencias en torno a la Ingeniería.

1.4. Proyectar la acreditación de carreras de Ingeniería con criterios internacionales (CNA)

Ésta debe considerar:

- Objetivo: aumentar la calidad hasta niveles internacionales, con énfasis en los resultados de aprendizaje (*learning outcomes*) y evitando excesos innecesarios.
- Utilización de estándares de formación.
- Articulación con la acreditación internacional en Ingeniería.

1.5. Sistematización de la interacción de los ministerios y organismos públicos con las universidades en los ámbitos de Ingeniería

- Objetivo: asegurar el impacto positivo de las inversiones y políticas públicas que usan Ingeniería, en la formación de ingenieros y en las actividades asociadas de ciencia, tecnología e innovación.
- Difusión por parte de los Ministerios, con la mayor anticipación posible y en forma sistemática, de las características y alcances de las inversiones públicas (por ejemplo, requerimientos, desafíos y estándares de ingeniería), de las políticas públicas (regulaciones en medio ambiente y otras), de las demandas de I+D.
- Creación de una serie de instancias de trabajo entre los Ministerios (MOP, MTT, y otros) y las universidades para abordar las cuestiones relevantes de Ingeniería de interés común.

1.6. Observatorio de los ingenieros y de la Ingeniería

Ésta debe considerar:

- Objetivo: mantener actualizada la información sobre la ingeniería y los ingenieros, en cuestiones relevantes para Chile, con alto nivel y resolviendo las asimetrías de información entre los actores.
- Plataforma para generar y entregar información sobre las poblaciones de ingenieros y su demografía, estudiantes de ingeniería y su demografía y otros. Eventualmente integrado con profesiones afines.
- Plataforma para integrar y dar información sobre los proyectos más relevantes de ingeniería en Chile y del extranjero que son pertinentes para Chile.
- Plataforma para integrar y proveer información sobre los programas de educación en ingeniería (pregrado, postgrado, educación continua).
- Plataforma para integrar y proveer información sobre las tendencias internacionales en ingeniería y en ciencia, tecnología e innovación asociadas a ingeniería.
- En la formación de este Observatorio pueden concurrir agencias públicas y aso-

- ciaciones profesionales (por ejemplo: Colegio de Ingenieros, Instituto de Ingenieros) y otros.
- El Observatorio debe considerar los estándares y la asociación con entidades profesionales internacionales del mundo de la Ingeniería y de los organismos internacionales, involucrados en la promoción de la formación de ingenieros (por ejemplo: OECD, UNESCO).

2. Estrategias de las autoridades universitarias

Estas estrategias deben considerar: ejercicio del liderazgo institucional, ingeniería como eje de innovación, alianzas internacionales, asociaciones y articulación para la educación durante el ciclo de vida, uso de las tecnologías de la información y digitalización, renovación de las carreras académicas.

2.1. Ejercicio del liderazgo institucional basado en el Ámbito de Ingeniería

Esta debe considerar:

- Conducción sistemática de la renovación en la formación de ingenieros hasta lograr desempeños aptos para los desafíos de Chile con criterios de calidad internacional.
- Comprensión en profundidad del rol de la Ingeniería en los desafíos de Chile, y en su contribución al liderazgo de las universidades.
- Plan integrado que utilice las buenas prácticas internacionales en la formación de ingenieros.

2.2. Uso del Ámbito de Ingeniería como eje de la innovación y la vinculación con el medio (tercera misión universitaria)

Esta debe considerar:

- Vinculación con empresas líderes en tecnología e ingeniería, chilenas y extranjeras.
- Asunción de desafíos relevantes de la sociedad en que la Ingeniería desempeñe unos roles relevantes.

2.3. Alianzas con universidades extranjeras líderes en Ingeniería

Esta debe considerar:

- Movilidad internacional académica y de estudiantes.
- Realización de programas conjuntos de formación de pregrado, postgrado y educación continua.
- Proyectos de I+D+i con universidades extranjeras.

2.4. Asociación entre varias universidades chilenas para impulsar la renovación en la educación de ingenieros durante el ciclo de vida

Esta debe considerar:

- Levantamiento de propuestas para las agencias públicas sobre políticas públicas en formación de ingenieros e I+D en Ingeniería.
- Creación de un espacio de análisis conjunto sobre la formación de ingenieros en Chile.
- Creación de un espacio colaborativo entre universidades para el acceso a medios e instrumentos de enseñanza-aprendizaje de interés común y, también, para la realización de proyectos de mutuo beneficio.

2.5. Articulación de la educación en ingeniería durante el ciclo de vida de los profesionales

Esta debe considerar:

- Aumento de la formación de postgrado en campos relevantes de la Ingeniería.
- Aumento de la educación continua en Ingeniería para la renovación profesional y las tendencias en tecnología.
- Balance de la formación de pregrado con la de postgrado y educación continua.

2.6. Uso intenso de las TIC y digitalización en educación en ingeniería

Esta debe considerar:

- Aumento de la oferta educativa de calidad en Ingeniería en formato en línea, tanto en su versión convencional como en MOOC (definiendo estrategia apta para ello).
- Aumento del uso de las herramientas TIC para mejorar los aprendizajes de los estudiantes.

2.7. Renovación de las carreras académicas que aseguren tanto la alta calidad del ejercicio docente como de I+D

Esta debe considerar:

- Balance de incentivos para I+D, docencia e innovación en Ingeniería.
- Orientarse a altos estándares académicos.

3. Estrategias para los cuerpos académicos

Estas estrategias deben considerar: formación de académicos, adopción de criterios de alta producción científico-tecnológica, uso de medios y herramientas avanzadas.

3.1. Formación de académicos al más alto nivel internacional

Ésta debe considerar:

- Aceleración de su formación al más alto nivel en Ingeniería que los habilite para el ejercicio académico competitivo internacionalmente (I+D+i, educación).
- Aseguramiento de su participación en redes universitarias internacionales líderes en Ingeniería.
- Aumento de su solvencia profesional por la interacción intensa con empresas líderes en Ingeniería y tecnología.

3.2. Adopción de criterios de alta producción científico-tecnológica en Ingeniería

Ésta debe considerar:

- Selección de nichos de Ingeniería aptos para alta producción científico-tecnológica en Ingeniería, de acuerdo con las tendencias internacionales y con las necesidades y oportunidades del país.
- Apalancamiento de capacidades de terceros para aumentar la producción científica y tecnológica.

3.3. Uso intensivo de medios y herramientas de avanzada para lograr alta calidad y producción académica

Ésta debe considerar:

- Uso de las tecnologías para lograr mayor efectividad docente y mayor producción académica.
- Logro de las mejores combinaciones posibles entre las funciones y roles académicos y las tecnologías.

4. Estrategias para los estudiantes de pre y postgrado

Éstas estrategias deben considerar: Demanda por calidad y efectividad de la educación, protagonismo y responsabilidad de los estudiantes en el aprendizaje.

4.1. Demanda a las universidades por mayor calidad y efectividad de la educación en ingeniería

Ésta debe considerar:

- Comprensión respecto a que las universidades pueden hacer bastante más para entregar una educación de calidad en ingeniería.
- Comparación de los aportes y capacidades educativas, en Ingeniería, de diversas universidades.
- Información de calidad sobre los diferentes roles de los ingenieros en la sociedad y exigir a los académicos las competencias que la universidad les hace posible desarrollar.

4.2. Protagonismo y responsabilidad de los estudiantes en el aprendizaje

Ésta debe considerar:

- Comprender que los estudiantes de Ingeniería tienen roles protagónicos en los aprendizajes de conocimientos y competencias.
- Desempeñar esos roles con diligencia y autogestión.

5. Estrategias para las empresas y otros actores

Estas estrategias deben considerar: El protagonismo de las empresas líderes, la atracción de talentos en ingeniería, acceso a las capacidades de investigación, desarrollo, participación social.

5.1. Protagonismo de las empresas líderes en ingeniería y tecnología

Éste debe considerar:

- Comprender que las empresas relevantes, en ingeniería y tecnología, tienen que ejercer su liderazgo para el desarrollo de la sociedad, lo cual demanda una interacción fértil con las universidades.
- Aumentar sus competencias y capacidades de avanzada en ingeniería y tecnología.
- Articular con las universidades centros tecnológicos y otros actores para la interacción con universidades relevantes, para acceso a talentos y capacidades de I+D+i.

5.2. Atracción de talentos de ingeniería

Ésta debe considerar:

- Comprender que el liderazgo en ingeniería y tecnología requiere interacción con universidades relevantes para acceso a talentos y capacidades de I+D+i.
- Implementar medios efectivos para el emprendimiento e innovación de los ingenieros.

5.3. Acceso sistemático a capacidades de I+D+i

Ésta debe considerar:

- Comprender que el liderazgo en ingeniería y tecnología requiere capacidades y competencias relevantes de I+D+i.
- Realizar proyectos y programas de I+D+i, en lo posible, con acceso a los mercados globales, en colaboración con universidades y centros tecnológicos además de las propias capacidades internas en las empresas.

5.4. Participación en instancias de desarrollo, valoración y proyección social

Ésta debe considerar:

- Comprender el impacto significativo de la Ingeniería en el desarrollo de la sociedad y de la creación de valor en diferentes contextos.
- Realizar proyectos y programas de desarrollo, valoración y proyección social en que la Ingeniería tenga roles relevantes.

6. Estrategias para los egresados (graduados y titulados)

Estas estrategias deben considerar: Demanda por mayor cobertura, calidad y efectividad de la educación continua, protagonismo de los egresados en el ejercicio de la profesión con impacto social.

6.1. Demanda a las universidades por mayor cobertura, calidad y efectividad de la educación continua en ingeniería

Ésta debe considerar:

- Comprender que las universidades pueden hacer bastante más para dar una educación continua completa y de calidad en ingeniería.
- Comparar los aportes y capacidades en educación en Ingeniería de diversas universidades.
- Utilizar intensamente la educación continua para el desarrollo de sus carreras profesionales.

6.2. Protagonismo de los titulados y graduados en el ejercicio de la profesión y su impacto en la sociedad

Éste debe considerar:

- Comprender que los titulados y graduados de Ingeniería tienen roles protagónicos en el ejercicio de la profesión y en el impacto de la Ingeniería en la sociedad.
- Consagrarse al ejercicio efectivo de la profesión, con liderazgo en la generación de valor en la sociedad.

REFERENCIAS

Capítulo I

- 1. Banco Mundial. América Latina: Mucho emprendimiento, poca innovación.
- 2. Engineering: Issues, Challenges and Opportunities for Development. UNES-CO Report, 2010.
- 3. The Attributes of a Global Engineering Project. American Society for Engineering Education, 2011.
- 4. Servicios Globales de Ingeniería. Informe de la Comisión del Instituto de Ingenieros de Chile. 2011.
- 5. Factores Condicionantes del Éxito de los Proyectos de Inversión. Informe de Comisión del Instituto de Ingenieros de Chile. 2012.
- 6. Encuesta a ingenieros formados en Universidad de Chile.
- 7. Encuesta a ingenieros formados en Universidad Técnica Federico Santa María.
- 8. Propuesta de Marco de Cualificaciones. División de Educación Superior (DI-VESUP) del Ministerio de Educación, 2016.

Capítulo II

- 1. Augustine, 2005; Duderstadt, 2005; Clough, 2004, 2005; Sheppard, 2008; NSB 2003, 2007.
- 2. Roxana Pey T., Sara Chauriye B. Seminario Internacional. "El Sistema de Créditos Transferibles (SCT) y los Desafíos de la Innovación y Armonización Curricular en la Formación de Pregrado". Pucón, 31 de agosto 2 de septiembre, 2011.
- 3. Le Boterf, G. Gestión de las competencias. Barcelona. Gestión 2002.
- 4. National Science Foundation. http://www.nsf.gov
- 5. http://www.abet.org Abet (2001). Criteria for Accrediting Engineering Programs, 2002-2003.
- 6. www.cdio.org
- 7. Innovation, Good Practice and Research in Engineering Education EE2008.
- 8. http://tuning.unideusto.org/tuningal/index.php
- 9. www.cinda.cl "Diseño Curricular Basado en Competencias y Aseguramiento de

- la Calidad en la Educación Superior". 2008.
- 10. Luis Branda. "Aprendizaje basado en problemas, centrado en el estudiante, orientado a la comunidad". Universidad McMaster. Canadá.
- 11. Bernardo Restrepo Gómez. Aprendizaje basado en problemas (ABP): una innovación didáctica para la enseñanza universitaria. Revista Pedagogía universitaria. Educación y Educadores, volumen Nº 8.
- 12. Jeanne Ellis Ormrod. "Aprendizaje Humano". 4ª Edición. Editorial Pearson Educación, S.A. Madrid. 2005.
- 13. Iniciativa Ingeniería 2030. Informe Nº 01. SYN.
- 14. WEF Report 2015. World Economic Forum.

Capítulo III

- 1. Informe de Capital Humano para la competitividad: el caso de Ingeniería Civil. Instituto de Ingenieros de Chile. 2013.
- 2. Informe "Factores condicionantes del éxito en Proyectos de Inversión: experiencias y lecciones en Chile". Instituto de Ingenieros de Chile. 2012.
- 3. Informe "La globalización de los servicios de Ingeniería: desafíos y estrategias". Instituto de Ingenieros de Chile. 2011.

Capítulo IV

- 1. Educating Engineers. Preparing 21st Century Leaders in the context of New Modes of Learning: Summary of a Forum. Steve Olson, Editor. National Academy of Engineering. 2013.
- 2. Successful K-12 STEM Education: Identifying Effective Approaches in Science, Technology, Engineering and Mathematics. 2011.
- 3. Visión 2050. Una agenda para los negocios (versión en español). World Business Council of Sustainable Development.
- 4. Educating Engineers to Drive the Innovation Economy. The Royal Academy of Engineering, UK. 2012.
- 5. Engineering for a Changing World. A Roadmap to the Future of American Engineering Practice, Research and Education. James Duderstadt, President Emeritus, University of Michigan.
- 6. Lifelong Learning Imperative in Engineering: Sustaining American Competitiveness in the 21st Century. Deba Dutta and others. National Academy of Engineering. 2012.
- 7. Achieving Excellence in Engineering Education: The Ingredients of Successful Change. The Royal Academy of Engineering (UK), Massachusetts Institute of Engineering. 2012.
- 8. The Global Engineer. Incorporating Global Skills Within UK Higher Education of Engineers. Institute of Education University of London, Engineers Against Poverty, 2008.

- 9. Assessment of Higher Education Learning Outcomes. AHELO, Feasibility Study Report. OECD, 2013.
- 10. The European Qualifications Framework for Lifelong Learning.
- 11. ¿Cómo repensar el desarrollo productivo? Políticas e Instituciones sólidas para la Transformación Económica. Ed. Gustavo Crespi, Eduardo Fernández-Arias, Ernesto Stein. BID, 2014.
- 12. Engineering Change. A study of the Impact of EC2000. Lisa Lattuca et al., ABET, 2006.

Capítulo V

- 1. Comisión Nacional de Acreditación. 2007. "Criterios de evaluación para carreras de ingeniería. Comité Técnico de Ingeniería". www.cnachile.cl
- 2. Comisión de competencias, perfiles y currículo, proyecto MECESUP UCH0403, 2006. Informe Preliminar y Propuesta Metodológica para la Determinación de Competencias del Ingeniero Civil y Especialidades. www.reing.cl
- 3. Yutronic J. 2013. Formando Ingenieros para un Mundo Cambiante: Brechas Relevantes y Estrategias. Segunda Reunión Latinoamericana CDIO. Santiago, 3 de abril 2013.
- 4. SIES, 2014. "Duración real de las carreras en Chile. Programas de Pregrado y Postgrado". Ministerio de Educación, Chile.
- 5. Instituto de Ingenieros de Chile, 2013. Capital Humano para la Competitividad. El caso de la Ingeniería Civil.
- 6. Benavente R. 2007. "Las Competencias del Ingeniero Civil definidas en el contexto del Proyecto Tuning-América Latina".

Capítulo VI

- Compendio Estadístico CONICYT 2008-2011. http://www.conicyt.cl/ wp-content/uploads/2012/10/Compendio-Estad%C3%ADstico-CONI-CYT-2008-20111.pdf
- 2. Informe de ejecución Presupuestaria 2008, 2009, 2010, 2011 http://www.dipres.gob.cl/595/w3-propertyvalue-15150.html
- 3. MINEDUC http://www.mineduc.cl/index2.php?id_seccion=3601&id_portal=59&id_contenido=14982
- 4. Corporación de Promoción Universitaria, 1987. "La enseñanza de la Ingeniería en Chile" Corporación de Promoción Universitaria, Santiago.
- 5. Andrea Canales, Danae de los Ríos, Mario Letelier, 2008. "Comprendiendo la Implementación de Innovaciones Educativas Derivadas de Programas MECE-SUP y CNAP para Ciencia y Tecnología", Centro de Investigación en Creatividad y Educación Superior, Universidad de Santiago de Chile.
- 6. Mario Letelier, Claudia Oliva, Cristián Cuevas, Rosario Carrasco, Lorena López, 2012. "Higher Education in Chile: Culture, Assumptions, and the Challenge of

- Relevance and Effectiveness", NOVA Science Publishers, INC.
- 7. CINDA, 2014. "Innovaciones curriculares y sistemas de evaluaciones: diagnóstico y propuestas para la educación universitaria en Chile", CINDA, Santiago.

Capítulo VII

- 1. James Plummer, Stanford University.
- 2. Fundación Carnegie, EUA. 2008.3.
- 3. Daniel Laughlin, NASA.

Capítulo VIII

- 1. "Achieving excellence in engineering education: the ingredients of successful change", The Royal Academy of Engineering and Massachusetts Institute of Technology, March 2012.
- 2. Informe 1: "Factores y Tendencias Claves de la Ingeniería a Nivel Internacional", Programa Ingeniería 2030 de CORFO. SYN. 2012.
- 3. E. Crawley, J. Malmqvist, S. Ostlund, D. Brodeur, "Rethinking Engineering Education: The CDIO Approach".
- 4. "Estándares CDIO v.2.0", Diciembre de 2010.
- 5. "Reflexiones y perspectivas de la Educación Superior en América Latina", Informe Final-Proyecto Tuning-América Latina 2004-2007.
- 6. Perspectivas y Desafíos de la Ingeniería Chilena, Instituto de Ingenieros 2001.
- 7. Colegio de Ingenieros, "Calificación de Títulos Profesionales de Ingenieros para Admisión de Socios Activos".
- 8. SIES, División de Educación Superior, MINEDUC, "Informe sobre retención de primer año de las carreras Cohorte de Ingreso 2007".
- 9. Music J. 2013, "Tendencias y acuerdos internacionales relacionados con los atributos de graduación y competencias profesionales de los ingenieros y los desafíos que ello implica para nuestro país", XXVI Congreso de SOCHEDI-Valparaíso.

GLOSARIO

ABET: Accreditation Board for Engineering and Technology. Organización estadounidense dedicada a la acreditación de programas de educación universitaria en ciencias aplicadas, ciencias de la computación, ingeniería y tecnología.

AcreditaCI: Agencia Acreditadora Colegio de Ingenieros de Chile A.G.

ACTI: Asociación Chilena de Empresas de Tecnologías de Información.

AIC: Asociación de Empresas Consultoras de Ingeniería de Chile.

ASEE: American Society for Engineering Education.

ASIMET: Asociación de Industrias Metalúrgicas.

APEC: Asia Pacific Economic Cooperation.

B2B: Business to business.

B2C: Business to consumer.

BID: Banco Interamericano de Desarrollo.

BPO: Business Process Outsourcing.

BT: Biotecnología.

CACEI: Consejo de Acreditación de la Enseñanza de la Ingeniería. México.

CACET: Caribbean Accreditation Council of Engineering and Technology.

CChC: Cámara Chilena de la Construcción.

CD: Convenios de Desempeño Institucionales de MECESUP.

CDIO: Iniciativa internacional que promueve el currículum de Ingeniería en torno a las funciones: Concepción - Diseño - Implementación - Operación de procesos en Ingeniería.

CINDA: Centro Interuniversitario de Desarrollo.

CNA: Comisión Nacional de Acreditación, Chile.

CNID: Consejo Nacional de Innovación para el Desarrollo de Chile (evolución de anterior CNIC).

CNRS: Centre National de la Recherche Scientifique (France).

CODELCO: Corporación Nacional del Cobre.

CONICYT: Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica, Chile.

CORFO: Corporación de Fomento de la Producción, Chile.

DIVESUP: Dirección de Educación Superior de MINEDUC.

DFI: Departamento de Financiamiento Institucional del Ministerio de Educación de DIVESUP.

DGA: Dirección General de Aguas.

DoD: Department of Defense (USA).

DoE: Department of Energy (USA).

ECPD: Engineers' Council for Professional Development (Consejo de Ingenieros para el Desarrollo Profesional).

ECTS: Sistema Europeo de Créditos Transferibles.

EUA: Estados Unidos de América.

ENAEE: Red Europea para la Acreditación de la Educación en Ingeniería.

FCFM: Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de Universidad de Chile.

FEANI: Federación Europea de Asociaciones Nacionales de Ingenieros.

FOS: Fields of Science (OECD).

FONDECYT: Fondo Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico, CONI-CYT, Chile.

FONDEF: Fondo Nacional de Fomento al Desarrollo Científico y Tecnológico, CONICYT, Chile.

GERD: Gross Domestic Expenditure in Research and Development.

ICACIT: Instituto de Calidad y Acreditación de Programas de Computación, Ingeniería y Tecnología.

I+D: Investigación y Desarrollo.

I+D+i: Investigación, Desarrollo e Innovación.

IES: Instituciones de Educación Superior.

IICh: Instituto de Ingenieros de Chile.

IoT: Internet of Things.

IPO: Servicios Globales de Propiedad Intelectual (Intelectual Property Outsourcing).

ITO: Servicios Globales de Tecnologías de Información (Information Technology Outsourcing).

ERNC: Energías Renovables No Convencionales.

KEIT: Korea Evaluation Institute of Industrial Technology.

KPO: Servicios Globales de Procesos de Conocimiento (Knowledge Process Outsourcing).

MECESUP: Programa de Mejoramiento de la Calidad y Equidad de la Educación Superior del Ministerio de Educación.

MINEDUC: Ministerio de Educación de Chile.

MIT: Instituto de Tecnología de Massachusetts (Massachusetts Institute of Technology).

MOP: Ministerio de Obras Públicas.

MTT: Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones.

M2M: Machine to Machine.

NAE: Academia de Ingeniería de los Estados Unidos (National Academy of Engineering).

NAFTA: North America Free Trade Agreement.

NSF: National Science Foundation (USA).

OCDE (OECD): Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico.

ONEMI: Oficina Nacional de Emergencia del Ministerio del Interior.

ONU: Organización de Naciones Unidas.

ONUDI: Organización de Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial.

OTL: Oficinas de Transferencia Tecnológica de universidades.

PI2030: Programa Ingeniería 2030 de CORFO.

PMI: Plan de Mejoramiento Institucional, asociado a los Convenios de Desempeño de MECESUP.

PTF: Productividad Total de los Factores.

RAE: Royal Academy of Engineering, UK.

RU: Reino Unido.

SCT: Sistema de Créditos Transferibles (Chile).

SCT: Sistema de Ciencia y Tecnología.

SES: Sistema de Educación Superior.

SERNAGEOMIN: Servicio Nacional de Geología y Minas.

SINEACE: Sistema Nacional de Evaluación, Acreditación y Certificación de la Calidad Educativa. Perú.

SGI: Servicios Globales de Ingeniería.

SNI: Sistema Nacional de Innovación.

SOFOFA: Sociedad de Fomento Fabril.

STEM: Science, Technology, Engineering and Mathematics.

STEPI: Science and Technology Policy Institute (Korea).

TEKES: Finnish Funding Agency for Innovation, Finland.

TIC: Tecnologías de Información y Comunicaciones.

TLC: Tratados de Libre Comercio.

UNESCO: Organización de las Naciones Unidas para la Educación, las Ciencias y la Cultura.

Anexo A

Durante los años 2015 y 2016, por invitación de la Comisión de Formación de Ingenieros, los Decanos o Representantes de las Facultades de Ingeniería de las siguientes universidades hicieron presentaciones sobre las renovaciones que están realizando en la formación de ingenieros. La síntesis de estas presentaciones se pondrán en la página web del Instituto de Ingenieros de Chile, www.iing.cl

- Universidad de Chile.
- Pontificia Universidad Católica de Chile.
- Universidad de Concepción.
- Universidad Técnica Federico Santa María.
- Universidad de Santiago de Chile.
- Pontificia Universidad Católica de Valparaíso.
- Universidad Adolfo Ibáñez.
- Universidad del Bío-Bío.
- Universidad de la Frontera.
- Universidad de Talca.
- Universidad Católica del Norte.
- Universidad Nacional Andrés Bello.
- Universidad del Desarrollo.
- Universidad de los Andes.
- Universidad Austral de Chile.
- Universidad Católica de Temuco.
- Universidad Católica de la Santísima Concepción.
- Universidad de Tarapacá.
- Universidad Central.
- Universidad San Sebastián.
- Universidad Diego Portales.

Este libro, editado por la Editorial Universidad de Concepción, se terminó de imprimir en el mes de septiembre de 2018 en los talleres de Trama Impresores S.A. Hualpén, Chile

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.

CIA. GENERAL DE ELECTRICIDAD S.A.

CIA. DE PETROLEOS 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 QUIMICA Y MINERA DE CHILE S.A.

SUEZ MEDIOAMBIENTE CHILE S.A.

EMPRESAS DE INGENIERÍA COLABORADORAS

IEC INGENIERÍA S.A.

JRI INGENIERÍA S.A.

SYNEX INGENIEROS CONSULTORES LTDA.

ZAÑARTU INGENIEROS CONSULTORES SPA.

San Martín N° 352 Santiago de Chile

Teléfonos (56-2) 26968647 - 26984028 - 26726997

Email: iing@iing.cl www.iing.cl

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 Iván Álvarez Flías Arze Dante Bacigalupo Marcial Baeza Juan Carlos Barros Sally Bendersky Juan E. Cannobbio Silvana Cominetti Alexander Chechilnitzky Raúl Demangel Álvaro Fischer Roberto Fuenzalida Rodrigo Gómez Tomás Guendelman Diego Hernández Carlos Mercado Germán Millán Rodrigo Muñoz Ricardo Nanjarí Luis Nario Ricardo Nicolau del Roure Humberto Peña

Secretario General Carlos Gauthier Thomas

Mauricio Sarrazin

Alejandro Steiner Miguel Ropert

Manuel Ruz

Ximena Vargas René Vásquez

Jorge Yutronic

SOCIEDADES ACADEMICAS MIEMBROS DEL INSTITUTO

ASOCIACION CHILENA DE SISMOLOGIA E INGENIERIA ANTISISMICA, ACHISINA. Presidente: Rodolfo Saragoni H.

ASOCIACION INTERAMERICANA DE INGENIERIA SANITARIA Y AMBIENTAL - CAPITULO CHILENO, AIDIS. Presidente: Alexander Chechilnitzky Z.

SOCIEDAD CHILENA DE INGENIERIA HIDRAULICA, SOCHID. Presidente: José Vargas B.

SOCIEDAD CHILENA DE GEOTECNIA, SOCHIGE. Presidente: Daniela Pollak A.

SOCIEDAD CHILENA DE INGENIERIA 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. Presidente: Silvana Cominetti C.

ANÁLISIS DE ESPECIALIDADES DE LA INGENIERÍA CIVIL EN CHILE Presidente: Iván Álvarez V.

ORDENAMIENTO TERRITORIAL. Presidente: Rodrigo Gómez A.

INGENIERÍA Y ÉTICA Presidente: Elías Arze C.

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 Moock Alexander Chechilnitzky Zwicky Raúl Espinosa Wellmann Alvaro 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

