

**RENOVACIÓN DE LA FORMACIÓN DE INGENIEROS EN CHILE  
PERSPECTIVA DE LA SOCIEDAD CHILENA DE EDUCACIÓN EN  
INGENIERÍA**

07 de Enero de 2020

**Directorio:**

Alejandra Acuña  
Raúl Benavente  
Luis Cárdenas  
Sergio Celis  
Christian Díaz  
Luis Hevia  
Mario Letelier  
Edmundo López  
Luis Lucero

**Comité de Redacción:**

Raúl Benavente  
Sergio Celis  
Mario Letelier

## **PRESENTACIÓN**

Desde fines de la década de los 90, con el inicio del programa MECESUP, la Educación Superior en Chile ha estado en continuo proceso de asimilación de nuevas políticas nacionales orientadas a mejorar su efectividad. Entre ellas el aseguramiento de la calidad, la renovación curricular, la transferibilidad, fortalecimiento de la gestión y, más recientemente, el alineamiento de las facultades y escuelas de Ingeniería con el impulso al desarrollo de mayores capacidades nacionales de innovación y emprendimiento, impulsado por CORFO a través del Programa Ingeniería 2030.

Se ha constatado que la respuesta de las universidades ha sido más lenta que lo esperado y deseable, lo cual amerita un análisis pertinente, dada la urgencia que el país tiene de asegurar su ritmo de crecimiento, en alta medida dependiente de fortalecer las capacidades mencionadas.

La Sociedad Chilena de Educación en Ingeniería ha estimado conveniente contribuir con su visión de la dinámica actual de la renovación de la formación de ingenieros de base científica, particularmente en la perspectiva del Programa Ingeniería 2030, con el objetivo de aportar el mejoramiento de su efectividad.

En consonancia con el propósito indicado, este informe contiene un diagnóstico, análisis y recomendaciones.

La SOCHEDI agradece en especial a la entonces sub-gerente de Transferencia Tecnológica de CORFO, Sra. Marcia Varela, por sus recomendaciones y aporte de información.

## CONTENIDO

	Pág.
I. INTRODUCCIÓN	5
II. LAS FACULTADES Y ESCUELAS DE INGENIERÍA. SU CULTURA Y PRIORIDADES TRADICIONALES	7
1. Organización y Gobierno	
2. Carrera Académica	
3. Enseñanza de la Ingeniería	
4. Investigación y Vinculación con el Medio	
5. Creencias y Valores	
6. Conclusiones Diagnósticas	
III. LA FORMACIÓN DE INGENIEROS PARA UNA ECONOMÍA DESARROLLADA	15
La formación de ingenieros: la visión existente al inicio del Programa Ingeniería 2030	15
Armonización Curricular: Desafíos a abordar en la perspectiva de innovación y emprendimiento	18
Implementación de los cambios para una formación de ingenieros hacia una economía desarrollada	23
A. <i>Organización y gobierno</i>	
B. <i>Carrera académica</i>	
C. <i>Enseñanza de la ingeniería</i>	
D. <i>Investigación y Vinculación con el Medio</i>	
E. <i>Recursos</i>	
A. <i>Organización y Gobierno</i>	25
1. Organización y normativas	
2. Monitoreo y aseguramiento de la calidad	
B. <i>Carrera académica</i>	26
3. Cuerpo académico	
C. <i>Enseñanza de la Ingeniería</i>	27
4. Objetivos sociales de las carreras	
5. Perfiles de egreso	
6. Plan de estudios y mallas curriculares	
7. Carga académica y créditos SCT	
8. Requisitos de titulación	
9. Flexibilidad curricular	
10. Plan formativo integral	
D. <i>Investigación y Vinculación con el Medio</i>	34
11. Unidades de I+D+i+e	

<i>E. Recursos</i>	35
12. Recursos de apoyo	
13. Infraestructura	
IV. RECOMENDACIONES FINALES	35
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	37

## I. INTRODUCCIÓN

Las facultades y escuelas de Ingeniería en Chile son objeto de atención pública creciente, la que se refleja en ciertas presiones encaminadas a hacer la formación de ingenieros e ingenieras más pertinente para el país. De esta manera, dentro del escenario de la Educación Superior nacional, resalta el caso de la Ingeniería en que el Estado, como ha ocurrido en países del hemisferio Norte, está haciendo inversiones educativas especiales en esta disciplina, lo que no ocurre en todas.

Lo antedicho tiene causas y algunas consecuencias que los formadores de ingenieros no pueden ignorar sin, de paso, faltar a responsabilidades que les competen, con fuerte impacto negativo en la sociedad actual.

Se reconoce en la Educación, en general, un factor de desarrollo esencial, por causas que son ampliamente conocidas y, en paralelo, a la Educación de Ingeniería como un sub-conjunto clave, al cual se asocia el aumento de capacidades nacionales directamente relacionadas con el desarrollo. La Ingeniería interviene el entorno material, genera ingresos, resuelve problemas nacionales, y es omni-presente en el quehacer nacional.

Como contrapunto a la perspectiva citada, también se considera que la formación de ingenieros no está respondiendo a las actuales necesidades nacionales en el grado que se esperaría. Es posible que el mejoramiento de la Educación en Ingeniería sea más lento que la evolución de las necesidades a ella asociadas. Se esperaría ver múltiples nuevos emprendimientos apoyados por las facultades de Ingeniería, que se orienten a productos y servicios que integren tecnologías avanzadas, fuertes vínculos de esas facultades con el sector productivo, currículos claramente orientados a la innovación de base científico- tecnológica y al emprendimiento que cumplan estándares internacionales de calidad, entre otras expectativas. El Programa Ingeniería 2030 de CORFO constituye una expresión política nacional explícita en esta dirección y también ha puesto de manifiesto que el avance deseado es lento para lo que se esperaría.

La Sociedad Chilena de Educación en Ingeniería se creó formalmente en 1995 e inició sus actividades públicas en 1987 con las I Jornadas Nacionales de Educación en Ingeniería, que más adelante adquirieron el carácter de congresos. A la fecha se han realizado 32 de estos eventos los que, junto a otras instancias de trabajo asociativo, han permitido aquilatar los estilos de trabajos de las facultades de Ingeniería, así como sus fortalezas y debilidades. Dentro de estas últimas, en particular, son relevantes los factores que condicionan la capacidad de cambio de esas facultades, capacidades que constituyen el centro de gravedad de sus potencialidades para contribuir a lograr una mayor efectividad de las políticas públicas que buscan potenciar en Chile la Ingeniería y la formación de ingenieros.

En este informe la SOCHEDI contribuye con un diagnóstico del sistema nacional de formación de ingenieros y destaca aspectos que se estima son clave para acelerar el cambio deseado. Se pone inicialmente la formación de ingenieros en contexto internacional y nacional, como referentes para el análisis realizado.

En el país no hay ausencia de publicaciones en Educación en Ingeniería. Cada congreso de la SOCHEDI genera varias docenas de ellas. Paralelamente, el Instituto de Ingenieros ha publicado recientemente el informe denominado “La Formación de Ingenieros Civiles en Chile”, en el cual se hace un extenso análisis de la problemática ya mencionada y donde participaron como autores varios miembros del directorio de la SOCHEDI. También la Academia de Ingeniería ha generado recientemente el Informe “Visión de Futuro de la Ingeniería y de los Ingenieros en Chile”. Complementariamente en el contexto global se pueden encontrar muchas otras publicaciones relacionadas con las problemáticas correspondientes de otros países.

El objetivo del presente informe es hacer un aporte desde la perspectiva de las instituciones formadoras de ingenieros, perspectiva que junto con acoger los imperativos nacionales, reconoce las debilidades internas que dificultan el logro de las metas críticas para el país. Se llega, así, a la necesidad de hacer un cuestionamiento en profundidad de aspectos funcionales, políticos y culturales que afectan las capacidades para generar cambios institucionales pertinentes.

Hasta aquí el autoanálisis en estas facultades ha destacado aspectos a mejorar, tales como la necesidad de motivar y comprometer a los profesores hacia la innovación docente y al aseguramiento de la calidad, de establecer vínculos más fuertes con el sector productivo y social, y de generar instancias curriculares que faciliten el desarrollo de capacidades ingenieriles actualmente en demanda, como el diseño, la innovación y el emprendimiento, entre otros aspectos formativos. A juicio de la SOCHEDI, esos diagnósticos no son suficientemente profundos en relación al escenario nacional, requiriéndose una perspectiva de carácter más estratégico de largo plazo.

Esta publicación está dirigida a las diversas partes interesadas en el mejoramiento de la Ingeniería nacional, desde la perspectiva educativa. Esto comprende a los sectores que diseñan e implementan políticas nacionales, al sector productivo, a los directivos de las instituciones de Educación Superior, a los académicos y, en perspectiva amplia, a todos quienes participan en el proceso educativo de los profesionales de la Ingeniería, entre ellos los estudiantes y las personas que, desde los ámbitos de apoyo, familiar y otros, contribuyen a que aquéllos cumplan sus metas formativas con la mayor efectividad posible.

Las universidades y otras instituciones de Educación Superior son consideradas como renuentes al cambio, aspecto que no se puede ignorar cuando es necesario innovar en su gestión y efectividad para acrecentar su pertinencia social. Múltiples factores inciden en esa resistencia al cambio (Letelier et al.), algunos de los cuales entran en juego al buscar orientar con mayor fuerza la formación de ingenieros hacia la innovación y emprendimiento, entre otros desafíos urgentes.

En términos generales, la cultura tradicional universitaria, algunas variables políticas de diversa índole y su característico aislamiento del mundo productivo, han creado un statu-quo difícil de alterar significativamente.

La cultura de libertad académica se remonta a la Universidad de Bolonia en el siglo XII y es reforzada posteriormente con la creación de la universidad fundada por A. Humboldt en Berlín

en 1810, esta última considerada como el modelo de las universidades de investigación, modelo que influye explícitamente en las universidades más antiguas del país a través de otros referentes actuales, como la Universidad de Harvard y otras que se ubican en los primeros lugares de los rankings internacionales.

Es de gran importancia entender la naturaleza del statu-quo establecido, si se aspira seriamente a reorientar algunas actividades académicas en Ingeniería.

El documento contiene dos partes principales en que, secuencialmente, se consideran el escenario global y el rol de la Ingeniería en él, y la formación de ingenieros, destacándose su estado actual, los desafíos pendientes y los factores que condicionen el cambio. Se concluye con una sección de recomendaciones.

## **II. LAS FACULTADES Y ESCUELAS DE INGENIERÍA. SU CULTURA Y PRIORIDADES TRADICIONALES**

Con diversas denominaciones, la actividad académica en Ingeniería se suele organizar, al interior de las universidades, en unidades que pueden estar enfocadas solo a esta disciplina, o bien integrar a un conjunto de disciplinas complementarias, como Ciencias, Negocios y otras. Para los fines de este documento dichas unidades serán genéricamente denominadas Facultades de Ingeniería. Si bien en el mundo se puede apreciar una tendencia a integrar disciplinas, ese cambio parece ser aún de lento progreso, a lo menos en Chile.

Por otra parte, el presente análisis está centrado en la Ingeniería de base científica, con fuerte componente físico-matemático.

La ingeniería, como disciplina académica, tiene una historia que parte a mediados del siglo dieciocho. En Chile, la primera facultad del área se creó en 1842 como Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile. Si bien la Ingeniería no es tan antigua académicamente como otras disciplinas (Medicina, Derecho, y otras), es heredera y continuadora de una cultura internacional que tiene características propias que es necesario considerar con atención para fines de diseñar e implementar cambios relevantes que, necesariamente, deberán confrontarse con la cultura establecida.

En esta sección se describe en parte la referida cultura y tradición de las facultades de Ingeniería nacionales, destacándose sus potencialidades así como los factores que inciden en la resistencia al cambio. Se consideran cinco variables atinentes.

### **1. Organización y Gobierno**

Desde sus orígenes académicos la Ingeniería se ha apoyado fuertemente en la Matemática Aplicada y Física Clásica, agregándose posteriormente complementos de Química, Geología, Gestión, Ciencias de la Computación y Biología, lo que ha llevado al establecimiento de especialidades de Ingeniería que, en el presente, suman decenas en el contexto internacional.

La naturaleza y complejidad de las ciencias que fundamentan la formación de los ingenieros ha conducido a la diferenciación formativa y a la independencia administrativa de las especialidades. De esta manera se ha tendido a establecer una organización matricial en que la investigación disciplinaria se organiza en departamentos o centros, y la docencia administrativa en escuelas, o en los mismos departamentos.

Complementariamente, en la mayoría de las facultades de Ingeniería los directores de departamento y decanos son elegidos por sus pares, típicamente por períodos de dos o tres años renovables. Este tipo de gobierno ha conducido al establecimiento de un statu quo no fácil de cambiar, en que los intereses institucionales y nacionales por una parte, y los personales no siempre se alinean de la mejor forma. Es sabido que las Facultades más tradicionales tienden a reclutar a sus egresados (a nivel de pregrado y en menor medida de postgrado) en sus posiciones académicas. La tradicional autonomía académica se extiende al interior de las universidades a las facultades, escuelas, departamentos, centros y otras unidades, y dentro de éstas a los académicos, quienes suelen disponer de libertad para definir su trabajo académico, expresado éste en los modos de hacer la docencia, elegir sus líneas de investigación y de autogestionar su progresión académica.

Debe tenerse presente que los cuerpos académicos que componen las unidades básicas en que se concentran las especialidades, como los departamentos, son en general pequeñas, de a lo sumo unas pocas decenas de personas. La renovación en el tiempo de esos cuerpos es, habitualmente, bastante lenta, todo lo cual contribuye a fortalecer el statu-quo ya mencionado, dado que los directores de tales unidades, en muchas universidades son elegidos por sus pares, por cortos períodos que, una vez completados, implican usualmente reintegrarse a las labores académicas comunes.

No es difícil verificar que, en el escenario descrito, alinear en amplia escala capacidades y objetivos institucionales choca contra un estado de cosas producto de una larga tradición de autonomía personal y de escaso liderazgo directivo. Dicho liderazgo, con algunas excepciones en el medio nacional, se ha visto atenuado por la forma de designación de los directivos, por la relativa cercanía al medio externo y el también relativo compromiso con las políticas nacionales, todo lo cual es conducente a la resistencia al cambio.

## **2. Carrera Académica**

Las universidades tradicionales cuentan, desde hace varias décadas, con reglamentos que regulan el progreso académico de los profesores, sobre la base de establecer una jerarquía de categorías, típicamente cuatro o cinco que, a través de los requisitos exigidos, expresan los valores institucionales en relación a la calidad académica

Dichos reglamentos determinan la carrera académica de quienes ingresan a las universidades en calidad de jornada completa o fracciones de ellas. Cada institución tiene su propio reglamento, el que puede incluir otros tipos de categorías académicas. Para los fines de este trabajo, interesa

destacar que esos reglamentos especifican los incentivos asociados, tanto como las penalizaciones en algunos casos.

Una vez aprobada y aplicada una carrera académica, la experiencia demuestra, es bastante lenta su actualización, dado que implica cambiar orientaciones que pueden tener fuerte impacto en los estilos de trabajo y aún en los recursos que apoyan a este.

En las últimas décadas del siglo pasado, las universidades aumentaron la prioridad dada a la investigación, especialmente a partir de la creación del Fondo Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico-FONDECYT en 1982. Consecuentemente las principales universidades dieron alta prioridad a la investigación en sus carreras académicas. Un análisis de muchas de ellas muestra que, al día de hoy, la calidad pedagógica de la docencia, la vinculación con el medio y la innovación, tienen un reconocimiento menor y menos exigente que la investigación. Esto implica, en la práctica, que los incentivos de ascenso, reconocimiento y pecuniarios asociados suelen estar directamente relacionados con la investigación, lo que conlleva en el presente incentivos adicionales, como los honorarios FONDECYT y los bonos por publicaciones indexadas.

Por otra parte, con el apoyo de fuentes de financiamiento externas e internas las facultades de Ingeniería han creado laboratorios de investigación y programas de postgrado asociados a ésta que suelen contribuir a dar sustento a líneas de investigación cuyos parámetros de evaluación de resultados son característicamente publicaciones WoS y número de graduados.

Lo anterior es producto de una política nacional de fomento de la investigación universitaria que, en sus aspectos más favorables, ha contribuido a elevar el nivel académico de los planteles, a crear capacidades de investigación valiosas para el país y a atraer talento extranjero.

Si se confronta este estado de cosas con las actuales necesidades del país en cuanto a cambiar la composición de su matriz productiva con foco en avanzar en una producción de mayor valor agregado, es natural esperar encontrar una clara relación entre la investigación y la innovación de base científica, vista esta última como la aplicación del conocimiento a generar dicho valor agregado. Sin embargo, tanto los criterios a evaluación de proyectos FONDECYT como los de las revistas WoS para aceptar artículos, consideran muy tangencialmente la aplicabilidad del conocimiento citado. Los criterios de evaluación están en general dirigidos a privilegiar el aporte científico de proyectos y publicaciones, el cual se espera sea original y relevante para el avance de las Ciencias de la Ingeniería y sus potenciales aplicaciones en general. Consideración a las prioridades nacionales de desarrollo en este contexto no parece ser lo principal.

Se presenta así un escenario en que las facultades de Ingeniería han tendido a consolidar grupos de investigación que obedecen a patrones internacionales de investigación y que, si se busca considerarlos como recursos para el fomento de la innovación y la formación de capital humano a ese fin orientado, se hace preciso aquilatar el significativo cambio que ello representa.

Las normativas de carrera académica enfrentan, por lo tanto, el desafío de ajuste a las nuevas necesidades del país.

### 3. Enseñanza de la Ingeniería

Desde la década de los 80 en Chile, particularmente con el aporte de la Corporación de Promoción Universitaria- CPU y de la Sociedad Chilena de Educación en Ingeniería – SOCHEDI, empezó un impulso hacia la actualización de la formación de ingenieros. En esa época el diagnóstico de consenso era que dicha formación se había quedado relativamente estática, a partir del fundamento, también de consenso en períodos anteriores, que lo esencial era entregar en la universidad una sólida base científica y que la formación profesional debía lograrse posteriormente en la industria. Numerosas alertas aparecieron en diversos lugares, particularmente en Estados Unidos respecto a que la formación universitaria incluyera la capacidad de aplicar conocimiento. En particular los criterios que en 2000 promulgó el Accreditation Board por Engineering and Technology-ABET, conocidos como los “criterios 2000”, pusieron un importante énfasis en el logro de resultados de aprendizaje terminales a las carreras de Ingeniería relativos al diseño y a la aplicación de conocimientos científicos.

En Chile, la acreditación de carreras se inició con la Comisión Nacional de Acreditación de Pregrado-CNAP en 2002, exigiéndose declarar perfiles de egreso pertinentes a la sociedad, de los cual no se excluyó a las ingenierías. El tránsito de una filosofía formativa centrada en las Ciencias Básicas a una que complementa la anterior con capacidades de diseño e innovación ha sido muy lento, particularmente porque las condiciones que se deben dar en las facultades de Ingeniería en materia de cuerpo académico e incentivos de éste, no han operado como se hubiera esperado. Se ha supuesto que, por ser la docencia la primera obligación de los académicos, éstos necesariamente darán a ella las características que el país ahora necesita. Los antecedentes resaltados anteriormente en relación a las carreras académicas universitarias, hacen dudar del realismo de la suposición mencionada.

Otros factores que dificultan el cambio curricular innovativo provienen de la tradicional organización de la docencia, donde debe darse lugar a tres grupos de actores relevantes. Estos son los profesores que dictan las asignaturas de Ciencias Básicas, usualmente afiliados a facultades o departamentos distintos a los de Ingeniería, los profesores que se hacen cargo de las Ciencias de la Ingeniería, ya mencionados, y los profesores de tiempo parcial con experiencia profesional, cuyo aporte suele convocarse en los últimos años de las carreras.

Dada la usual masividad de los cursos iniciales, típicamente dedicados a las Ciencias Básicas, así como una afiliación institucional quizá más lejana a las especialidades, no es fácil inducir a profesores de esas disciplinas a incorporarse a la nueva filosofía formativa. Por su parte, los profesores provenientes del sector profesional, no necesariamente están en condiciones de aportar una contribución formativa en la nueva perspectiva, considerando que la industria nacional no es todo lo innovativa que se desearía.

De esta perspectiva se puede concluir que la formación de ingenieros en el país tiene una estructura y tradición que implica notables resistencias al cambio.

#### **4. Investigación y Vinculación con el Medio**

En las principales facultades de Ingeniería, asociadas a veces a otras unidades institucionales e interinstitucionales, operan diversos actores que generan y aplican investigación. Algunos de ellos son los académicos investigadores, alumnos de pre y postgrado, post-doctorantes, asistentes de investigación, organizados en centros, programas e institutos. En las cuentas que se han rendido sobre resultados del Programa Ingeniería 2030 se han presentado diversos tipos de innovaciones que muestran el potencial que tienen estos sistemas, típicamente en áreas como la salud, informática, telecomunicaciones, materiales, energía, y otros.

No obstante lo antedicho, y en consonancia a lo planteado previamente en la sección sobre Carrera Académica, cuando las universidades y facultades de Ingeniería muestran sus resultados en investigación, usualmente éstos se expresan en los indicadores de publicaciones, proyectos de investigación y, más recientemente, patentes.

El real motor actual detrás de la investigación es, por todo lo demostrable, el logro de publicaciones de alto impacto las cuales, si bien tiene potencial de favorecer algunas innovaciones tecnológicas, cuentan por sí mismas como resultados terminales.

Un aspecto del estado de las facultades de Ingeniería que refuerza la anterior apreciación, es la forma en que se ha dado su vinculación con el medio productivo. Dos actividades que han tenido desarrollo permanente son la educación continua, en la forma de diplomados, postítulos, cursos y similares, y la asistencia técnica ofrecida a las empresas. Algunas universidades han organizado esta última actividad, en parte, en unidades especiales, en gran medida independientes de las facultades, como en los casos del IDIEM de la Universidad de Chile, el DICTUS en la Pontificia Universidad Católica de Chile y la Unidad de Desarrollo Tecnológico de la Universidad de Concepción.

Vinculación con el Medio asociada a la docencia propiamente tal, más allá de las prácticas profesionales, ha sido tradicionalmente más débil. La relación virtuosa buscada en la actualidad por las políticas nacionales, de relacionar investigación con desarrollo, innovación y emprendimiento se ha visto retardada por las prioridades de la investigación académica, ya descritas, por el relativamente poco interés en cambiar la docencia, y por las características del sector productivo nacional, más proclive a optimizar producción y ampliar mercados que a innovar.

#### **5. Creencias y valores**

No es algo completo si se analiza una cultura, aunque este sea de tipo académico, si no se consideran los elementos básicos asociados a las culturas en general, entre ellos lenguaje, creencias, costumbres y valores. En el caso de las facultades de Ingeniería pesan con fuerza ciertas creencias y valores que es conveniente explicitar al momento de buscar cambios. Para este fin es

útil tener presente cómo se han generado los cuerpos académicos en nuestras facultades de Ingeniería.

Las personas que optan por una carrera académica, particularmente bajo el sello de la investigación, usualmente toman esta opción como distinta de la opción del ejercicio profesional, bajo los supuestos que son opciones distintas y que lo profesional conlleva un trabajo de menor desafío intelectual y mayor preocupación por aspectos técnicos, financieros y laborales.

También la formación didáctica ha sido tradicionalmente subvalorada, bajo la premisa que la principal competencia docente de un académico debe ser el dominio de su especialidad. Esta perspectiva obviamente contribuye a dificultar los cambios curriculares requeridos, que demandan nuevas competencias didácticas en variados frentes.

La cultura universitaria nacional, como ya se lo ha mencionado, considera que debe haber gran autonomía interna tanto para definir prioridades como para elegir autoridades. Esa es una creencia que tiene excepciones en algunas universidades, pero que constituye una fuerza interna no menor en especial en las universidades tradicionales. Conveniente es mencionar, de paso, que tal creencia no es universal y que en países desarrollados existen otras formas de trabajo universitario que facilitan alinear mejor este con las políticas mencionadas.

Otra creencia, a estas alturas altamente discutible, es la conveniencia que los académicos sean egresados de la misma institución, lo que tiende a perpetuar limitaciones sin real justificación. Últimamente esta tendencia ha cambiado, produciéndose una mayor variedad de visiones académicas en diversas facultades y departamentos.

Creencias como las citadas, reforzadas con otras costumbres establecidas, han contribuido a una cierta sobrevaloración de las capacidades académicas de profesores y unidades. Una prueba de la anterior aseveración es que es común que en varias universidades sean potenciales candidatos a rector los académicos de las más altas categorías, como si esa sola condición garantizara las competencias de gestión y liderazgo deseables para ese cargo. Esta situación debe ser, complementariamente, puesta en la perspectiva de la creciente complejidad y especialización de diversas tareas académicas, entre ellas el diseño curricular, la internacionalización, la interdisciplina y la vinculación con el medio, respecto de las cuales habría que preguntarse críticamente si en las facultades de Ingeniería existen realmente las competencias necesarias para abordarlas efectivamente.

Una considerable cantidad de académicos percibe que políticas públicas y desarrollo socio-económico son materias fuera de su ámbito de acción, por lo cual no se motivan a ampliar su perspectiva de la función académica para así contribuir mejor a hacer de ésta algo más pertinente a las necesidades nacionales. Un adecuado conocimiento del medio externo, como factor esencial para lograr esa pertinencia, no suele ser una prioridad para una parte de profesores y de directivos.

En el ámbito de los valores, referentes relevantes son las concepciones educativas imperantes, las que se expresan en los modelos educativos y perfiles de egreso de carreras y programas, en especial. Esas concepciones educativas conllevan valores determinados que, a lo menos en parte, se pueden explicitar. En ausencia de estudios que den sustento objetivo a las apreciaciones que de esta materia se pueden hacer, se considera aquí de la experiencia vivida por los integrantes de la SOCHEDI, la cual permite señalar que son valores compartidos el distinguir a las personas, a igualdad de otros factores, por sus méritos académicos, la rigurosidad en docencia e investigación, la ética en los procesos académicos en general y el respeto a los derechos de las personas, entre otros.

Ha habido también una apertura de las escuelas de Ingeniería hacia la inclusión en diversas áreas, en general a favorecer el ingreso de mujeres y personas con capacidades que los actuales métodos de selección no necesariamente reconocen.

En general, y a lo menos en comparación con otras instituciones nacionales, las universidades no han sido acusadas de malversación o mal uso de los recursos públicos en grado significativo. En ellas opera una cultura de transparencia razonable en materias presupuestarias y de asignación de recursos.

La visión positiva anterior debe ser, no obstante, matizada con la toma de conciencia de ciertas costumbres que en alguna medida le restan valor. Es bien sabido que en las universidades hay una tradicional tendencia a usar el tiempo con más libertad que la que se acepta en otros ámbitos laborales. Existe una tradicional lentitud que es producto de algunas de las características culturales ya mencionadas. En proyectos como Ingeniería 2030 y otros compromisos de las Facultades con el Programa Mecesup, esta característica ha quedado demostrada con claridad. Los plazos que han transcurrido en el cumplimiento de compromisos de innovación curricular han sido desproporcionados.

Unida a la relativamente poca respuesta efectiva a las demandas de cambio, las facultades de Ingeniería, así como las universidades en general, han desarrollado, de acuerdo a estudios internacionales como el de Knight y Yorke (2003), y la potente experiencia nacional, una discutible habilidad de cumplir con escaso cambio, a través del método de presentar sus actividades habituales de diversas maneras de acuerdo a la naturaleza de las correspondientes demandas. Sin duda existen algunas instituciones que en cierta medida escapan a esta norma y han aprovechado mejor las oportunidades de desarrollo.

## **6. Conclusiones Diagnósticas**

Lo anterior puede sintetizarse en un diagnóstico de la cultura académica en Ingeniería que ilustra la dificultad de lograr cambios significativos en estas unidades. Es posible que dicho diagnóstico sea aplicable, con pocas variaciones, a otras áreas académicas universitarias.

Se destacan los siguientes aspectos principales

1. Producto de una larga tradición académica de autonomía y de alineamiento con las tendencias internacionales en su ámbito, se han establecido prioridades, explícitas e implícitas, en las facultades de Ingeniería que privilegian la investigación académica y que restan dedicación a la innovación curricular y la vinculación con el medio.
2. La capacidad de cambio en estas unidades académicas podría estar sobrevalorada en el ambiente externo, al no considerarse que, en general, no existen en suficiente medida ni las competencias técnicas ni los incentivos para abordar efectivamente desafíos organizacionales, de gobierno, de cambio curricular orientado a la innovación y emprendimiento, y de vinculación con el medio productivo como fuente de información y como contraparte externa que de pertinencia a los cambios buscados.

En el actual estado de las facultades de Ingeniería, particularmente en las más desarrolladas, existe una valiosa capacidad científica, verificable a través de los resultados de la investigación en Ciencias de la Ingeniería y materias afines. Este es un capital que tiene importante potencial para cualquier iniciativa orientada al fomento de la innovación de base científico-tecnológica. Dicho capital debe ser resguardado e incrementado, complementándose con otras capacidades que pudieran estar más débiles para abordar cambios con las orientaciones ya señaladas, y cuyo desarrollo no debiera darse en desmedro de aquél.

El cambio curricular esperado debería considerar las mejores experiencias de universidades que, para los fines aquí destacados, utilizan diversos recursos formativos que abren nuevas vías y que rompen algunos moldes o conceptos establecidos. En esta perspectiva, se ha buscado conciliar en lo que sigue el estado del arte nacional en materia de Aseguramiento de la Calidad, con los desafíos de una formación para la innovación y emprendimiento que, por su propia naturaleza, requiere de enfoques flexibles y variados. De esta manera los conceptos de *perfil de egreso*, *plan de estudios* y otros asociados, es posible requieran de flexibilizaciones que podrían entrar en conflicto, en algunos aspectos, con la acreditación o evaluación externa de carreras y programas.

Debe entenderse que, en el concierto de las instituciones nacionales, el anterior diagnóstico varía de institución en institución, no obstante lo cual se estima que las aseveraciones emitidas ameritan seria consideración, dados los fundamentos que las respaldan. Entre éstos se cuentan la naturaleza de las carreras académicas, fácilmente constatables a través de sus normativas, los criterios de acreditación oficiales, y los indicadores de productividad que las universidades habitualmente exhiben.

### III. LA FORMACIÓN DE INGENIEROS PARA UNA ECONOMÍA DESARROLLADA

#### La formación de ingenieros: la visión existente al inicio del Programa Ingeniería 2030

Las economías desarrolladas que se sustentan en matrices productivas con alto valor agregado, que son las que nuestro país considera en la actualidad referentes relevantes para su propio camino al desarrollo, han explicitado orientaciones para un mejor alineamiento de la Ingeniería con sus necesidades productivas. Esta es una materia que cuenta con una sustantiva exposición en diversos ámbitos, y que Chile ha recogido de diversas formas, poniéndola en su propia perspectiva. Parte importante de esa labor de transferencia la ha realizado el Estado a través de instituciones como el MINEDUC, CONICYT y CORFO.

En particular los avances realizados por las facultades de Ingeniería participantes en el Programa Ingeniería 2030 han relevado diversas expresiones de las políticas internacionales que han buscado potenciar la formación de ingenieros para aumentar su impacto en el uso del conocimiento en diversos sectores productivos.

En los treinta y dos congresos sobre Educación en Ingeniería realizados en Chile con el patrocinio de la SOCHEDI, así como en las publicaciones y conferencias basadas en el extranjero, se cuentan innumerables experiencias institucionales, nacionales y regionales dentro de la perspectiva citada. No sorprendentemente, la gran mayoría de esos informes reportan, en lo principal, lo que se esperaría, es decir, incorporar desde tan tempranamente como sea posible, experiencias educativas relativas a la aplicación de conocimiento pertinente, propio de la Ingeniería, a desafíos propios del ámbito productivo. Las estrategias utilizadas para este fin no parecen esconder complejidades, en su concepción, más allá que lo que la práctica educativa aconseja, esto es, establecer con claridad el objetivo perseguido, y luego disponer las actividades de modo que los estudiantes practiquen lo que deben para lograr aquél.

Las condiciones de formación principalmente buscadas son:

1. Facultades de Ingeniería con conexiones bien establecidas con el sector productivo, considerado éste como una fuente esencial de desafíos innovativos.
2. Cuerpos académicos regulares y complementarios que tengan las competencias necesarias para formar en conocimiento científico y aplicado, y para guiar experiencias en resolución de problemas y diseños innovativos de relevancia para el sector productivo o para inducir potenciales nuevos emprendimientos de base científico tecnológica.
3. Disponibilidad de recursos atingentes relativos a espacios de trabajo, equipamiento, instrumental y personal de apoyo.
4. Planes de estudio que integren líneas formativas complementarias en las materias que respalden los perfiles de egreso, los cuales deben declarar los aprendizajes relevantes de

egreso esperado, considerando explícitamente aquellos asociados a la innovación y emprendimiento.

5. Un ambiente general que fomente la creatividad y emprendimiento y que favorezca una formación diversificada, en la que distintos tipos de motivaciones y talentos encuentren cabida.

Lo anterior era bien conocido cuando CORFO convocó al Programa Ingeniería 2030, y definió los ejes para los cambios esperados en las facultades de Ingeniería.

En relación al diagnóstico implícito en la sección anterior, y su contraste con los requisitos básicos aquí citados, resaltan notables dificultades a superar, algunas de las cuales son:

1. Establecer vínculos de real valor formativo con el sector productivo, lo que se enfrenta con varios problemas bien conocidos en el mundo académico, a saber:

Prioridades de corto plazo en las empresas, cuyo interés en la innovación de base científico-tecnológica cede paso a otras prioridades inmediatas tales como aumentar producción y ventas y disminuir costos. Dada la actual matriz productiva del país, en alto porcentaje constituida por las *commodities*, es de esperar que las innovaciones deseadas por las empresas no tengan necesariamente el contenido científico-tecnológico asociado al tipo de valor agregado que las políticas nacionales buscan promover. Esto lleva lógicamente a poner énfasis en nuevos emprendimientos que suplan la falencia indicada, materia que no ha sido una preocupación significativa de las facultades.

Diferencias culturales entre empresas y universidades en relación al uso del tiempo y recursos financieros, las que pueden crear situaciones en que los intereses académicos de los profesores se vean distorsionados.

Notable dificultad para establecer y mantener vínculos que redunden en beneficios para cohortes de estudiantes, que pueden ser masivas en algunos casos, y no solo para pocos de ellos.

En esta perspectiva hay que tener presente que, salvo casos especiales, el verdadero impacto del Programa debería esperarse en la formación de ingenieros con nuevas capacidades, más que en los logros específicos de algunos académicos, si se consideran los números relativos de actores.

2. Dadas las orientaciones académicas impulsadas en el presente por las universidades y facultades de Ingeniería en especial, no es esperable encontrar en los actuales cuerpos académicos la composición que una formación hacia la innovación y emprendimiento requiere. Esto implica generar cambios en esa composición y en las formas de evaluar el trabajo académico. Si se considera los lentos ajustes que usualmente se dan en las carreras académicas y en las

plantas de profesores, es de suponer que los ajustes que el Programa naturalmente demanda serán difíciles de realizar a menos de existir una voluntad institucional fuerte y sostenida.

3. Las innovaciones curriculares significativas, entendiendo como tales aquellas que implican cambios en los perfiles de egreso que comprometen nuevas capacidades y recursos, se han ido complejizando a medida que la acreditación exige, con más rigurosidad y conocimiento, la debida consistencia entre lo que se declara y lo que se realiza. De esta manera, y además cuando las unidades académicas no cuentan con suficiente experticia en diseño curricular actualizado, es comprensible que los cambio se posterguen.

El Programa Ingeniería 2030, así como compromisos contraídos con el MECESUP y MINEDUC por las facultades de Ingeniería, han puesto como metas el acortar las carreras de Ingeniería Civil a menos de seis años y fortalecer la formación práctica enfocándola en especial a desarrollar capacidades de aplicación de conocimiento e innovación, todo cual implica desafíos mucho mayores que los previstos por el sector gubernamental y que explicaría en parte el lento progreso en este frente.

El Programa se diseñó con la visión de superar las debilidades de las facultades de Ingeniería en la perspectiva de las nuevas necesidades nacionales en la formación de ingenieros, apuntando a los aspectos medulares del cambio deseado, entre ellos la armonización curricular, la vinculación con el sector productivo y la innovación y emprendimiento del sistema académico. La primera acción solicitada a las facultades de Ingeniería fue la elaboración de un plan estratégico en que debían establecer sus líneas de desarrollo y prever las condicionantes asociadas. Por lo tanto, en teoría, estas unidades académicas deberían haber analizado sus fortalezas y debilidad en relación al cambio proyectado.

En lo que sigue se plantean algunos requisitos esenciales que los cambios, en la perspectiva de armonización curricular citada, deberían estar presentes en las definiciones de las facultades de Ingeniería que comprometen alineamiento con las políticas nacionales asociados al Programa Ingeniería 2030. Los planteamientos están apoyados por las fuentes indicadas a continuación, muchos de ellas de acceso general. Esas fuentes son:

- Los avances realizados por las 10 facultades de Ingeniería que inician el Programa Ingeniería 2030, dados a conocer en las diversas instancias que ha convocado el Programa, así como por las presentaciones hechas por esas unidades en el Instituto de Ingenieros con motivo de la presentación del libro La Formación de Ingenieros Civiles en Chile (2018) y en los congresos nacionales a que ha tenido acceso la SOCHEDI.
- La cultura del Aseguramiento de la Calidad nacional.
- La acreditación internacional, teniendo a la vista en especial ABET y el Washington Accord.

- Los objetivos del Programa Ingeniería 2030 de CORFO.
- La experiencia internacional en formación de ingenieros de acuerdo a revistas tales como Journal of Engineering Education (USA) y European Journal of Engineering Education (UE), y otras fuentes.
- Antecedentes provenientes de la corriente STEM.

### **Armonización Curricular: Desafíos a abordar en la perspectiva de innovación y emprendimiento**

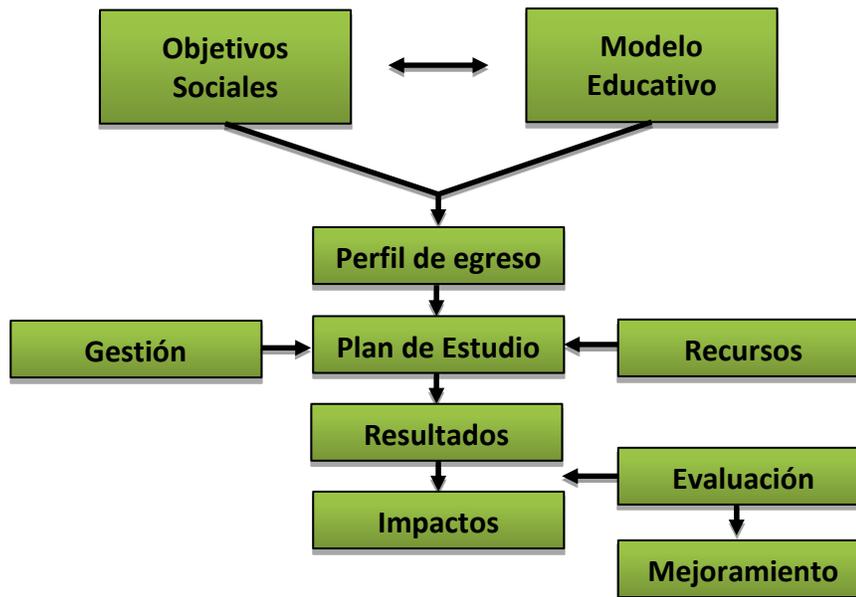
La lógica del Aseguramiento de la Calidad es particularmente apropiada para destacar los desafíos de innovación curricular que resultan al contrastar la actual cultura académica de las facultades de Ingeniería (que determina sus potencialidades y limitaciones) con las demandas formativas que impulsan las actuales políticas nacionales. Esa lógica exige que el proceso educativo de carreras y programas se ajusten al “ciclo de calidad” aplicado por la Comisión Nacional de Acreditación basado en las premisas que plantean las leyes 20.125 y 21.091, que regulan el Aseguramiento de la Calidad en la Educación Superior.

El Ciclo de Calidad tiene una expresión gráfica publicada en el documento Aseguramiento de la calidad en la educación superior: cuatro años de CNA Chile (2010), y que aparece en la siguiente figura 1.



**Figura 1. Ciclo de Calidad de la Educación Superior**

En el caso de carreras y programas en Educación Superior, el referido Ciclo puede describirse como se muestra en la figura 2.



**Figura 2. Ciclo de Calidad del proceso educativo de carreras y programas**

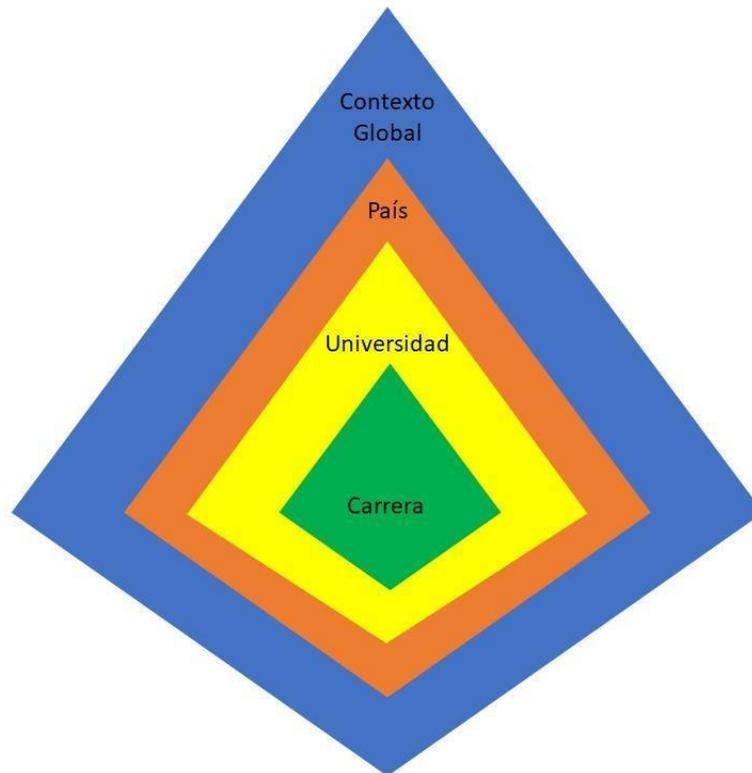
Los “objetivos sociales” se deben expresar como los impactos esperados (o fines) en el medio nacional de las carreras de Ingeniería, asociadas a áreas de desempeño en determinados contextos profesionales. Se espera que tales impactos se reflejen en la economía nacional de manera trazable para que puedan ser identificados y evaluados. El modelo educativo institucional se espera especifique los principales aspectos formativos que la institución busca implementar, y que condicionarán los aprendizajes a lograr en los estudiantes. El perfil de egreso debe ser una expresión concreta de los aprendizajes terminales esperados, los cuales deben ser consistentes con los objetivos sociales de las carreras. Los perfiles de egreso se asocian a los resultados esperados del proceso educativo. El plan de estudio es un diseño formativo que debe asegurar el logro del perfil de egreso a través a actividades educativas bien especificadas, con el apoyo de recursos físicos humanos (académicos) o financieros, así como de una gestión apropiada.

Finalmente se espera que los perfiles de egreso sean evaluados y el impacto de los egresados en el medio externo consiguientemente. Un proceso de este tipo debería llevar a un mejoramiento continuo relativo a todos los componentes del proceso.

Puede decirse que el ciclo de calidad descrito es, en la práctica, más una meta a cumplir que una realidad. Una gran cantidad de carreras no definen objetivos sociales, no validan efectivamente los

perfiles de egreso declarados, y no evalúan impactos, por lo tanto. Justo es indicar que esta situación no es exclusiva ni de Ingeniería ni de nuestro país.

Lo anterior conforma un marco de referencia oficialmente utilizado para verificar la calidad de las carreras. Ese marco debe ser complementado, en el caso de Ingeniería, con una consideración del contexto en que operan esas carreras, según se lo ilustra en la figura 3.



**Fig.3 Contextos que determinan la pertinencia social de las carreras de Ingeniería.**

La formación de Ingenieros, en la perspectiva que plantean las políticas nacionales actuales, se espera esté bien sintonizada no solo con el desarrollo socio-económico del país, sino también con las mejores prácticas formativas internacionales y con los desafíos del ejercicio profesional en contexto global. Este último es imprescindible de considerar si Ingeniería chilena ha de tener el nivel de calidad que el citado desarrollo nacional requiere. En el presente es una realidad que los ingenieros chilenos se enfrenten con estándares internacionales avanzados de ejercicio profesional, realidad que debería extenderse y afianzarse progresivamente.

El marco de referencia precedente, que busca resumir sistémicamente los aspectos claves a considerar en un cambio curricular coherente y efectivo, servirá como guía en los planteamientos subsecuentes. Se parte de la premisa que solamente los cambios curriculares que cumplen con los

preceptos del Aseguramiento de la Calidad pueden ser considerados como potencialmente efectivos y, por ende, creíbles.

Dentro de la actual cultura académica, los requisitos del Aseguramiento de la Calidad se deben expresar en formas que admitan verificación, aspecto indispensable en esta perspectiva. Los requisitos asociados al cambio curricular orientado a la formación en innovación y emprendimiento que en este informe se explicitan, se han separado en dos categorías en que se plantean, respectivamente, requisitos mínimos y requisitos más avanzados.

Cualquiera sea la orientación que tenga la evaluación de carreras y programas de acuerdo a la actual ley 21.091, la experiencia nacional indica que debería operar un sistema externo a las universidades que realice esas evaluaciones, o auditorías, donde evaluadores externos verifiquen la calidad de procesos y resultados. Las declaraciones formales y evidencias aportadas por las instituciones son relevantes y necesarias, pero no suficientes.

En consecuencia con lo planteado al inicio de esta sección, es necesario resaltar que la metodología del Aseguramiento de la Calidad, cuya lógica es de sentido común y de responsabilidad social, puede generar desafíos que requieren iniciativas innovativas en materias curriculares, en relación a cómo concebir el ciclo de calidad. Ese ciclo está concebido en relación a una unidad operativa, en este caso, carrera o programa con resultados esperados bien definidos, en la línea del antecesor histórico, el ciclo de Deming para procesos industriales. Algunos factores propios del proceso educativo alertan en cuanto a la necesidad de posibles flexibilidades conceptuales. Para este fin conviene considerar los siguientes antecedentes:

- i) En varias facultades de Ingeniería los estudiantes presentan significativa heterogeneidad de motivaciones, competencias académicas y, en general, han estado por mucho tiempo adscritos a sistemas educativos de tipo escolar, donde es necesario aprobar asignaturas respetando normas poco variadas en lo que a evaluación se refiere.
- ii) Los académicos, en general, no han estado dedicados a la formación para la innovativa y emprendimiento. Aunque las facultades se esmeren por cumplir con las exigencias de CORFO, por un tiempo habrán contingentes limitados de profesores capaces de aportar esa formación.
- iii) Los recursos docentes, en especial de laboratorio y equipamiento han tradicionalmente estado orientados a una docencia de tipo más bien demostrativo, o a la investigación disciplinaria.
- iv) Las facultades de Ingeniería nacionales tienen grados de desarrollo diferentes al considerar las calificaciones de sus cuerpos académicos, recursos y experiencias. Los puntos anteriores, si se los asocia a los imperativos de consistencia académica que impone el Aseguramiento de la Calidad, pueden poner a ciertas facultades ante el

dilema de cumplir formalmente y más adelante no poder demostrar en resultados efectivos ese cumplimiento.

Por otra parte los resultados formativos esperables en innovación y emprendimiento pueden establecerse en un continuo que va desde una breve exposición a sus conceptos y prácticas, a una formación que desemboque en ingenieros realmente aptos para adaptar, integrar y avanzar tecnologías con fines productivos y con de conocimiento de frontera. Esos dos extremos implican profundas diferencias educativas en cuanto a capacidades académicas y profesionales, y recursos.

Lo anterior hace pensar que podría ser conveniente para el país adoptar el principio, común en numerosas universidades modelo, de diferenciar la formación y establecer más de una trayectoria formativa de manera que, ojalá, todos los alumnos accedan a un nivel determinado de conocimiento y práctica, a la vez que existan oportunidades más completas para algunos. Esto obliga a aceptar que para una misma carrera puede haber, en la realidad, más de un perfil de egreso, o uno de carácter general, con variantes específicas. Complementariamente esto implica flexibilidad del plan de estudios y más recursos a poner en juego.

En la óptica indicada, currículos planos, es decir, comunes a todos los alumnos de una carrera, parecen poco recomendables en esta etapa, pues pueden conducir a una formación con poco impacto, relativamente, para el país. Parece preferible lograr una verdadera formación para la innovación y emprendimiento reflejada en un número acotado de egresados, que una aproximación masiva insuficiente efectiva. Lo primero, por lo demás no se contrapone a la alternativa de una enseñanza generalizada y efectiva cuando eso sea factible.

En adición a lo anterior, parecería conveniente que las facultades estructuren su proceso educativo considerando todos los niveles establecidos en forma sistémica, de manera de tener la opción de graduar la formación para la innovación y emprendimiento a través de etapas sucesivas, como se indica en la figura 4.

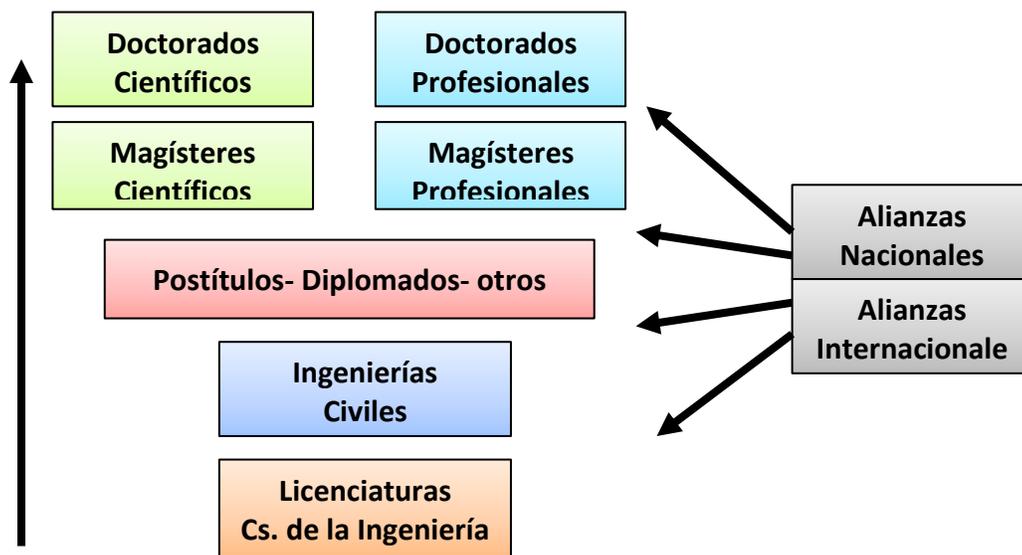


Figura 4. Sistema formativo de facultad

De acuerdo a la figura 4; una facultad de Ingeniería podrá estructurar su sistema formativo global considerando todos o varios de los componentes allí indicados, de modo de distribuir la formación general para la innovación y emprendimiento, que debería llegar a todos los estudiantes de Ingeniería Civil, y la formación avanzada, la cual puede relacionarse con cinco niveles formativos y con experiencias en otros contextos nacionales y extranjeros. Una estructura educativa como la indicada puede facilitar intercambio de estudiantes, profesores y recursos con otras instituciones nacionales y extranjeras.

Por lo tanto, sería deseable contar, no solo con una revisión de las carreras de Ingeniería Civil, sino con una adecuación de todo el sistema formativo de las facultades, tarea que puede requerir de plazos mayores, pero que parecería ineludible.

### **Implementación de los cambios para una formación de ingenieros hacia una economía desarrollada**

En una primera etapa, que en el presente algunas facultades ya han cumplido, se esperaría que una revisión de las carreras indicadas incluya a lo menos:

#### ***a) Organización y gobierno***

1. Organización y normativas consistentes con los propósitos buscados, particularmente considerando la necesidad de ampliar y ajustar las carreras académicas de manera que favorezcan en mayor grado la investigación aplicada, vinculación con el medio, patentamiento, innovación y emprendimiento. Adicionalmente son relevantes aspectos organizacionales relativos al trabajo interdisciplinario, el cual no tiende, como regla general, a darse por sí sólo, a menos que se cautele la existencia de instancias e incentivos apropiados.
2. Sistema de monitoreo y aseguramiento de la calidad que contribuya a velar porque se aplique debida e integralmente el ciclo de calidad a la labor académica de las facultades, en especial aquella relacionada con los cambios curriculares y de otras políticas.

#### ***b) Carrera académica***

3. Cuerpo académico con composición y competencias acordes al proceso formativo y a las actividades académicas de investigación, vinculación con el medio, internacionalización y otras asociadas a los planes de desarrollo.

#### ***c) Enseñanza de la ingeniería***

4. Especificación de los objetivos sociales de las carreras de manera que permita evaluar el impacto social de estas.
5. Perfiles de egreso en consonancia con los objetivos sociales y el Modelo Educativo institucional (este podría requerir ajustes en la perspectiva presente).

6. Plan de estudios y mallas curriculares que explicita las trayectorias formativas en innovación y emprendimiento en términos de trayectorias continuas que incluyan significativa práctica de la innovación.
7. Especificación de la carga académica en créditos SCT que garantice que la longitud nominal de las carreras (diez u once semestres) es factible de cumplirse en la realidad, esperándose que las tasas de titulación oportuna sean altas.
8. Requisitos de titulación acordes a los resultados de aprendizaje declarados en los perfiles de egreso.
9. Componentes flexibles en las mallas curriculares tales como asignaturas optativas y electivas, “minors”, aperturas a opciones formativas abiertas a otras disciplinas y aún a otras instituciones.
10. Presentación de un plan formativo a más largo plazo que considere los componentes indicados en la figura 4. En este plan debería especificarse qué niveles formativos en innovación y emprendimiento ofrecería cada facultad en una perspectiva temporal y su alcance en cobertura de estudiantes.

**d) Investigación y Vinculación con el Medio**

11. Unidades que concentran investigación aplicada, innovación y vinculación efectiva con sectores económicos relevantes del país, que se constituyan en motores de desarrollo tecnológico avanzado con impacto tanto en la economía nacional como en el proceso formativo, en especial en el caso de las actividades docentes de pre y postgrado más avanzadas en innovación y emprendimiento. Estas unidades suelen denominarse centros, institutos, laboratorios, y otros.

**e) Recursos**

12. Recursos materiales de apoyo a la docencia consistentes con el proceso formativo, que incluyan medios comunicacionales y computación, laboratorios, movilidad, fungibles, etc.
13. Infraestructura consistente con las actividades previstas.

Los trece requisitos anteriores resumen lo que, de acuerdo a la SOCHEDI, representa las mejores prácticas internacionales en el presente. Formalmente en cierta medida, es posible que algunas facultades de Ingeniería consideran que cumplen estos requisitos. Sin embargo, si se acepta que el diagnóstico de CORFO sobre la pertinencia de la actual formación de ingenieros civiles es correcto, lo cual es aceptado por esta Sociedad, necesariamente se debe hacer una distinción entre lo formal, dado por la existencia de los elementos atingentes (perfiles de egreso, currículos, académicos, centros, etc.) y la efectividad, expresada en la pertinencia nacional de los resultados provenientes de esos elementos en la perspectiva de Ingeniería 2030. Dicha efectividad dista de estar demostrada, premisa básica en la que se apoya el presente documento que, en lo principal, apunta a destacar los aspectos académicos críticos de los cuales depende la referida efectividad. Dos de esos elementos son (1) los objetivos sociales de cada carrera de Ingeniería Civil, definidos de manera que sea tanto posible precisar el impacto nacional de esa carrera, como

posteriormente verificarlo, en esto incluyéndose, a más de otros factores, su aporte al avance de la capacidad de mejorar la matriz productiva nacional en la perspectiva de la innovación y emprendimiento, y (2) el perfil de egreso de la carrera, en consonancia con el impacto esperado. No es aventurado decir que en el país aún estamos un tanto lejanos a poder demostrar el cumplimiento cabal de esos dos requisitos, los que determinan a los restantes como condiciones necesarias.

En la perspectiva planteada se aprecia que el cambio académico (como más general que curricular) es de no menor magnitud. Por otra parte, en secciones anteriores se han descrito características académicas y culturales de las facultades de Ingeniería que alertan sobre el grado de expectativas que es razonable tener sobre cambios sustantivos a corto plazo. Por lo tanto, y como se indicó anteriormente, podría ser útil distinguir entre innovaciones formativas esperables a corto plazo e innovaciones que podrían requerir de mayor tiempo de realización.

Esta sección concluye con ciertos alcances sobre cada uno de los trece requisitos destacados, distinguiéndose, lo que es esperable en el presente o a corto plazo, y lo que lo es a más largo plazo.

## **A. Organización y Gobierno**

### **1. Organización y normativas**

Las funciones de aseguramiento de la calidad, de vinculación con el medio, de gestión docente complejizada con la flexibilidad curricular, de internacionalización y otras consonantes con las nuevas políticas requieren de un sustrato organizacional que trasciende el que tienen en la actualidad algunas facultades. Es bien sabido que la organización y recursos son dos factores esenciales para garantizar la concreción de actividades complejas y de largo plazo. Esos factores deben ser, a su vez, consistentes con la población estudiantil y con el tamaño del cuerpo académico.

Por otra parte, un sinnúmero de normativas ameritan revisión en un escenario como el considerado. Entre ellas las relativas al régimen de estudios, formas de evaluación, gestión docente, sistemas de titulación, internacionalización, carrera académica e incentivos.

Los dos últimos aspectos requieren especial consideración en perspectiva del cambio cultural académico, hacia una mayor pertinencia social, que se desea realizar. Las carreras académicas privilegian las actividades de investigación por sobre las de docencia, como regla general. En muchas universidades no es posible acceder a los dos niveles más altos sin haber demostrado una importante productividad científica. Simultáneamente la productividad en investigación puede atraer incentivos monetarios a través de proyectos externamente financiados y con bonos internos por publicación.

Frente a lo anterior, los esfuerzos por transformar la docencia quedan en claro desmedro, así como las actividades de vinculación con el medio, innovación y emprendimiento. Si esta situación no se modifica, es difícil que las orientaciones de los actuales cuerpos académicos regulares

cambien. En varias de las facultades atingentes no se han producido cambios efectivos en esta materia. Este es un punto en el cual no es difícil sub-estimar las dificultades que afectan los cambios buscados en las facultades de Ingeniería. Aquí se confrontan una larga tradición académica que ha echado raíces de varias formas, junto a la interacción con unidades de otras disciplinas que siguen teniendo enfoques tradicionales y que no necesariamente aceptarán fácilmente que en las normativas generales Ingeniería juegue con otras reglas.

## **2. Monitoreo y aseguramiento de la calidad**

Cambios mayores como los esperados con Ingeniería 2030, hacen altamente necesario el monitorearlos en cuanto a su desarrollo y al cumplimiento del ciclo de calidad. De otro modo pueden generarse tropiezos no explícitos que bloqueen el avance.

El ciclo de calidad exige definición de propósitos (y metas) periódicos y evaluación de resultados. Para innovaciones curriculares como las ahora impulsadas, esta función de gestión de la calidad se hace crítica en cuanto a su relevancia y a su complejidad. Por otra parte, las facultades deberían considerar muy seriamente su participación en, o preparación para procesos de acreditación internacional.

Ante la suspensión de los procesos de acreditación de carreras en el país, y que afectan entre muchas otras a las carreras de Ingeniería, la acreditación ante organismos internacionales aparece como una alternativa que, adicionalmente, presenta las ventajas de someter a las carreras a requerimientos de aseguramiento de la calidad de acuerdo a las tendencias internacionales en los países desarrollados, lo que impactaría positivamente en la inserción de los profesionales en el entorno global. Actualmente son pocas las carreras de ingeniería del país que han seguido este camino, principalmente con la agencia ABET de los Estados Unidos. Sin embargo, más recientemente se ha agregado la oferta de la European Accreditation of Engineering Programmes (EUR-ACE), de la Red Europea para la Acreditación de la Educación en Ingeniería (ENAEE), por lo que existen suficientes alternativas y razones para que las carreras de Ingeniería del país busquen alcanzar este sello de calidad en el extranjero.

### **B. Carrera académica**

## **3. Cuerpo académico**

En secciones anteriores se ha hecho énfasis en las tendencias que han contribuido a la conformación de los cuerpos académicos en las facultades de Ingeniería, no siendo exclusivas de estas, aspecto que contribuye a dificultar cambios, que pueden ser resistidos por esas facultades en consonancia con su entorno. Estos cuerpos académicos se han conformado en las principales facultades de Ingeniería en perspectiva de investigación y postgrado, principalmente.

Como ya se indicó, la débil tradición de vinculación con el sector productivo y con la práctica de la innovación y emprendimiento, hace peligroso suponer que los actuales cuerpos académicos están preparados para esta nueva función. De no aceptarse esta premisa, se corre el riesgo de

caer una vez más en un caso de “cumplir sin cambiar” y, por lo tanto, sin lograr efectivamente los nuevos resultados buscados.

Si se desea disponer de las nuevas competencias académicas que las nuevas políticas educativas en Ingeniería requieren, se abren diversas vías, dos de las cuales son capacitación de los actuales académicos, y la incorporación de académicos que aporten esas competencias. El primer camino ha demostrado ser poco realista en otras oportunidades, lo que implica que el segundo debería ser un requisito a cumplir. Se entiende que en esa estrategia están involucrados recursos significativos y la dificultad de encontrar a las personas adecuadas. El benchmarking que en el último quinquenio se ha hecho con universidades que se destacan en formación para la innovación, tales como las Universidades de Stanford, Georgia Tech, Universidad John Hopkins, Universidad de Toronto y muchas otras, revela que los profesores que lideran la formación para la innovación no son la mayoría. Pueden coexistir académicos con los perfiles actuales, con académicos con orientación a la innovación, que tal vez deban ser en parte reclutados en el extranjero.

Las facultades deberían formular un plan de complementación del cuerpo académico que garantice que esas unidades dispondrán de los recursos humanos calificados para la formación en innovación y emprendimiento, a corto plazo y en una perspectiva de tiempo mayor. En lo antedicho debe entenderse que el cuerpo académico total se compone del cuerpo académico regular complementado por profesores con otros contratos.

### **C. Enseñanza de la Ingeniería**

#### **4. Objetivos sociales de las carreras**

En la perspectiva de Ingeniería 2030 y de sus implicancias nacionales, este requisito cobra gran importancia dado que en él debe expresarse en forma verificable el impacto esperado en el país de la nueva formación con énfasis en innovación y emprendimiento.

Es un condicionante esencial de un proceso educativo de calidad que se logren los propósitos y fines establecidos o, en otros términos, los resultados e impactos esperados. En los criterios de acreditación de ABET (2019) en Estados Unidos aparece lo siguiente:

#### *Criterion 2. Program Educational Objectives:*

*The program must have published program educational objectives that are consistent with the mission of the institution, the needs of the program’s various constituencies, and these criteria. There must be a documented, systematically utilized, and effective process, involving program constituencies, for the periodic review of these program educational objectives that ensures they remain consistent with the institutional mission, the program’s constituents’ needs, and these criteria.*

### *Program Educational Objectives*

*Program educational objectives are broad statements that describe what graduates are expected to attain within a few years after graduation. Program educational objectives are based on the needs of the program's constituencies.*

Dicho criterio es equivalente al aquí planteado, que en nuestro país (no siendo el único) ha sido poco respetado en la práctica, y usualmente se lo ha asociado a los resultados de consultas a egresados y empleadores en el contexto de acreditación de carreras, proceso que dista mucho del real sentido que tiene una verificación de impacto social.

El impacto deseado se debe expresar en las contribuciones de los egresados al desarrollo nacional en aspectos tales como:

- Diseño de productos, servicios y procesos que incorporan tecnologías avanzadas con alto valor agregado.
- Mejoramiento de procesos productivos, y operaciones con uso de tecnologías avanzadas.
- Desarrollo de nuevas tecnologías con alto potencial de agregar valor a la matriz productiva del país.
- Patentamientos de invenciones de base científica
- Emprendimientos efectivos de base científico-tecnológica con impacto en la economía del país.

Es necesario, de acuerdo a lo anterior, que los egresados, en una proporción significativa, aparezcan en el tiempo comprometidos con las actividades citadas u otras comparables, agregando a esto el sello educativo de cada universidad, que puede tener diversos énfasis.

La experiencia internacional muestra que el cumplimiento de este primer requisito no es simple y que solo se puede dar con un bastante riguroso proceso formativo y gestión de calidad. Sin embargo, en la actual postura del país en relación a hacer de la innovación y emprendimiento herramientas fundamentales de desarrollo, su relevancia aumenta en alto grado.

Si luego de algunas generaciones de egresados de ingenierías civiles con currículos renovados en el marco de Ingeniería 2030, no se verifica que se está cumpliendo la hipótesis básica, a saber, de la incorporación de un mayor valor agregado a la producción vía innovación y emprendimiento de base científico-tecnológica aportando por esos egresados, eso sería indicativo que los procesos formativos en curso, u otras condicionantes del entorno, debería analizarse con nuevas perspectivas más estrictas.

En forma urgente, a muy corto plazo, si no lo han hecho, las facultades en deuda deberían especificar los impactos esperados para sus carreras participantes en forma lo suficientemente

general para admitir la variabilidad del ejercicio profesional, pero a la vez con la necesaria especificidad que permita posteriormente la necesaria verificación.

A más largo plazo lo que corresponde es verificar y evaluar el impacto previsto, tarea que puede demandar un tiempo del orden de una década, si no se ha avanzado mayormente hasta aquí.

## **5. Perfiles de egreso**

La “teoría” de los perfiles de egreso en el contexto universitario, que ha cobrado fuerza a partir, aproximadamente, de los 2000 plantea en esencia que aquéllos explicitan los aprendizajes más generales y relevantes a la respectiva profesión, que los alumnos deberían haber adquirido al término de sus estudios. Se supone, además, que dichos aprendizajes deben estar alineados con las características y demandas de los respectivos sectores laborales, considerados en perspectivas actual y de futuro.

La experiencia nacional en esta materia en Ingeniería y otras carreras de diversos ámbitos disciplinarios no puede decirse que haya sido muy feliz. Para algunas carreras universitarias, como las del área de la Salud, ha sido relativamente más simple lograr una relación efectiva y demostrable entre los perfiles de egreso declarado y la práctica profesional, en que esta tiene características de estructuración bastante más definida que en Ingeniería. En esta última área profesional lo esperable es un ejercicio profesional muy variado y cambiante al ritmo de cambio de la tecnología, de los procesos productivos y de los modelos de gestión. Por lo tanto la especificación de perfiles de egreso no ha sido simple de lograr, aspecto que se ha complicado con la incorporación masiva del concepto de “competencia”, impulsado por el MINEDUC a través del programa MECESUP a partir de la década de los 2000. Dicho concepto proviene, en lo principal, de algunos países de Europa del Norte que han querido ser más estrictos en demostrar una efectiva relación entre formación, perfiles de egreso y ejercicio profesional. Esa experiencia no parece haber mostrado resultados generalizables. Sin duda ciertas carreras se prestan mejor para ese enfoque formativo, en que los aprendizajes de egreso se expresan en desempeños profesionales específicos, propios de las carreras del caso y verificable, tales como saber hacer diagnósticos en Salud, hacer diseños industriales, traducir textos de un idioma a otro y equivalentes. En Ingeniería, como se ha indicado, la situación es diferente. El resultado ha sido un amplio uso del concepto de “competencia” aplicado no solo al hacer, sino también al saber, a lo actitudinal-valórico y a otros ámbitos, lo que ha decantado en una expresión más del principio de “cumplir sin cambiar” Knight y Yorke (2003) en que, dada la complejidad de los perfiles de egreso definidos para cumplir con las políticas nacionales, ellos constituyen en gran medida más una formalidad que un objetivo educativo cumplido.

Los objetivos del programa Ingeniería 2030 en su dimensión formativa solo se pueden cumplir en forma verificable si el requisito anterior se cumple, del cual depende que este requisito sea atendido en forma realista y en estrecha relación con los impactos esperados. Una definición adecuada de los aprendizajes de egreso equivale a la definición de resultados esperados del proceso de aprendizaje, lo que es un componente esencial del ciclo de calidad, ya comentado anteriormente.

La “teoría” citada incluye la necesidad de hacer una consulta a empleadores para asegurar la pertinencia social de los perfiles de egreso, lo que es un predicamento válido en principio, pero cuya validez debe ser evaluada dentro de la visión que aporta la figura 3, la cual destaca la importancia de proyectar las carreras de Ingeniería Civil al contexto global. Este es esencial como referente de las actuales prácticas avanzadas de Ingeniería en el mundo y su relación con las actuales políticas nacionales. El contexto global provee de varios referentes de perfiles de egreso generales para las carreras de Ingeniería de base científica. Tres de ellos son los establecidos por ABET, Washington Accord y FEANI, que tienen un significativo nivel de coincidencia. Dentro de una política que considera la internacionalización de la formación de ingenieros en Chile, dichos referentes cobran especial pertinencia, como lo han experimentado las facultades que han buscado acreditación internacional de sus carreras. En los perfiles de egreso internacionales citados se pone énfasis en el diseño, aplicación de conocimiento, investigación aplicada e innovación, aspectos todos que implican fuertes desafíos para las facultades locales. Aun en el plano de la adquisición de conocimiento de Ciencias Básicas y Ciencias de la Ingeniería, que en principio se cumple en los currículos nacionales (8 semestres en total), hay que tener presente la diferencia entre la enseñanza formal de esas materias, y el aprendizaje generalizado y suficientemente profundo que haga posible posteriormente su aplicación a problemas reales. Si eso se tiene presente, cabe cierta duda de si se están dando las condiciones apropiadas para que se cumplan los objetivos de las políticas actuales.

Como condición sine-qua-non, las carreras revisadas deberían tener perfiles de egreso que expliciten a los menos compromisos claros con la aplicación de conocimiento científico a problemas de Ingeniería, diseño, innovación y emprendimiento, independientemente de otros aprendizajes de egreso especializados o genéricos más tradicionales.

Otro aspecto, que merece especial atención, es la formación en ética y responsabilidad profesional, cuya relevancia para el país no requiere de justificación, y que no parece ser en el presente un objetivo transversalmente cumplido.

En la lógica del aseguramiento de la calidad, los aprendizajes de egreso deben ser definidos de manera que sean verificables y evaluables. En general en el país, salvo pocas excepciones, no ha existido una real práctica de evaluación de perfiles de egreso, lo que ahora debería ser considerado una alta prioridad. Más adelante se plantean algunas sugerencias al respecto. Esta tarea, como en el caso previo, también debe ser considerada en perspectiva de mediano plazo dado que se debe completar primero el proceso formativo de las carreras, independientemente que también es necesario aplicar evaluaciones progresivas a lo largo de aquél. Reiterando consideraciones anteriores tanto la formulación de perfiles de egreso como su relación con los planes de estudio es materia que requiere revisiones que permitan dar cuenta de la flexibilidad que será necesario ir incorporando progresivamente en el proceso educativo.

## **6. Plan de estudios y mallas curriculares**

Las facultades de Ingeniería, como otras unidades académicas, han trabajado en el pasado reciente en diferentes proyectos financiados por el programa MECESUP en rediseño de currículos

tanto aisladamente como en redes. Por lo tanto tienen suficiente conocimiento de lo que se espera de un plan de estudios que debe respaldar un determinado perfil de egreso todos cuyos componentes deben resultar de trayectorias curriculares trazables.

La reducción de la duración de los programas de ingeniería civil es uno de los cambios estructurales más relevantes de la última década en la educación superior chilena. Cada vez son menos los programas de seis años, y los planes de estudio 2030 avanzan hacia los cinco años y no debieran ir más allá de los 11 semestres. Reducir en uno o dos semestres, sin embargo, trae consecuencias que merecen ser seguidas con atención, en especial las referidas al apresto académico de estudiantes que vienen con debilidades formativas desde la educación básica y media, y aquellas referidas a la flexibilidad curricular.

Uno de los argumentos más comunes en favor de los programas de mayor duración es la necesidad de apoyar a estudiantes que no están preparados para enfrentar los requisitos mínimos de la formación del ingeniero. Así, reducir la duración de los planes de estudio da menos espacios para esta tarea. Una manera de resolver esto es a través de programas remediales, los cuales terminan extendiendo de todos modos la obtención de un grado académico para un grupo específico de estudiantes. Otra manera es a través de programas de apoyo y reforzamiento, los cuales tensiona la carga académica semestral de los estudiantes. No hay atajos ni soluciones simples para este problema. Los programas 2030 deben al menos contemplar alternativas a esta realidad y presentar mecanismos para monitorear los pro y contras de las medidas implementadas. En estos esfuerzos, un límite que no se debe cruzar es la de sacrificar los conocimientos y habilidades mínimas requeridas para el ingeniero de hoy. Un buen referente son los requisitos mínimos del Washington Accord en cuanto a ciencias básicas y fundamentos de la ingeniería.

En la reducción de los programas también se debe cuidar de no borrar márgenes significativos de flexibilidad curricular que facilita el trabajo multi e interdisciplinario. Si bien estos márgenes varían entre las especialidades, deben existir estos espacios para todas, por ejemplo, acordar un mínimo de un 15% o la equivalencia a un semestre de flexibilidad. Además de la interdisciplinariedad, los programas 2030 deben considerar experiencias de i+e con elementos de la realidad industrial y social del país en cursos-talleres semestrales. Por lo menos cinco experiencias durante el plan de estudio, o una por año. Asimismo, la práctica profesional es un elemento que debe conservarse en los nuevos planes de estudio de ingeniería. El sistema de titulación también debe estar en sintonía con estas experiencias y en consistencia con los perfiles de egreso de cada institución. En la misma línea, los programas 2030 deben exhibir una mayor articulación con los programas de magíster profesionales o científicos ofrecidos por la misma u otra institución. Algunos de estos aspectos se complementan en lo que sigue.

Si se consideran desafíos en el mediano plazo en relación a los planes de estudio, se debe incluir el requisito de internacionalización y globalización, destacado en Ingeniería 2030 como una meta fundamental, asociada a preparar a los ingenieros chilenos para participar en actividades y proyectos con participación de países industrializados, cuya Ingeniería conlleva estándares de trabajo necesarios de conocer e incorporar a las prácticas nacionales. Este gran desafío implica

aplicar a las actividades de innovación esos estándares internacionales, los que representa un esfuerzo adicional en algunos casos.

La movilidad internacional de los estudiantes y el dominio del idioma Inglés en un nivel mínimo necesario, son estrategias básicas para el desarrollo de las habilidades para desenvolverse en un contexto global. En el primer caso, hasta ahora las universidades, salvo algunas excepciones, muestran poco avance, y en cuanto al idioma Inglés, pese a los múltiples esfuerzos, los resultados aún no han sido del todo satisfactorios.

Algunas dificultades para masificar la movilidad internacional, son el financiamiento y los contactos internacionales para disponer de las plazas necesarias. El financiamiento requiere por una parte, de una política institucional para que las universidades generen un presupuesto mínimo orientado a este objetivo, y de estrategias agresivas para obtener financiamientos privados de la más diversa índole, como lo han venido implementando de manera efectiva las universidades que exhiben los mejores índices de movilidad.

Otra estrategia que se ha estado implementando y que parece aportar resultados positivos, es el dictar cursos de especialidad total o parcialmente en Inglés, buscándose que los estudiantes se familiaricen con el uso de conceptos fundamentales en idioma Inglés y aprovechándose esa situación para explorar aplicaciones avanzadas del conocimiento, generalmente publicadas en ese idioma. Una metodología a considerar para estos fines es CLIL (Contents and Language Integrated Learning).

## **7. Carga académica y créditos SCT**

Ha sido tradicional en el país que exista una significativa diferencia entre la longitud nominal de las carreras de Ingeniería Civil en semestres, y su longitud real, definida esta como el tiempo que requiere el promedio de una corte para titularse. Ese tiempo extra suele ser del orden de 3 a 4 semestres.

Poco sentido tiene acortar la duración nominal en uno o dos semestres si la duración real sigue siendo bastante mayor. Varios son los factores que inciden en este estado de cosas, siendo uno de ellos el exceso de carga académica que se ha dado en algunos planes de estudio. En las revisiones curriculares impulsadas por las políticas de CORFO es esencial que se cautele que las actividades docentes semanales se ajusten al formato del Sistema de Créditos Transferibles, a lo menos en lo que a tiempo de estudio total semanal de los alumnos concierne. Ese tiempo suele definirse alrededor de 50 horas semanales, lo que debería ser puesto en contexto de la realidad laboral del país, en que la actual jornada de 45 horas es, en realidad en el mundo académico, de 40 horas netas.

En general se echa de menos en varias facultades de Ingeniería estudios efectivos sobre la carga académica que genera el diseño de asignaturas, laboratorios, prácticas y otros. En el nuevo escenario que tiene Ingeniería 2030, esta situación representa un problema, dado que el trabajo individual o grupal asociado al desarrollo de habilidades de innovación conlleva un tiempo no bien aquilatado en el presente, que si no es debidamente establecido y respetado, puede conducir a

aprendizajes superficiales y más formales que reales, hipotecándose así el impacto esperado de los cambios curriculares en curso. En el presente se esperarían claras definiciones de carga académica estudiantil para cada actividad de los planes de estudio.

Otras causas principales del alargamiento de la duración real de las carreras de Ingeniería son los bajos niveles de aprobación de las asignaturas de Ciencias Básicas y la excesiva duración real de la actividad final de titulación. Un control adecuado sobre esta última causa puede incidir, en el corto plazo y de manera importante, en reducir la duración real de los estudios. Una amplia discusión sobre las modalidades, niveles de exigencia, extensión y control de la actividad final de titulación, con el propósito de consensuar la implementación de estrategias que aseguren que se enmarquen efectivamente dentro de un semestre como máximo, es una tarea pendiente e ineludible de las facultades de ingeniería para reducir la duración real de las carreras. A diferencia de los retrasos que generan las ciencias básicas, resulta mucho más viable obtener resultados efectivos y notables controlando la actividad final de titulación, por lo que es muy recomendable llevar a cabo esta tarea.

A futuro debería realizarse una verificación de la longitud real de las carreras en contraste con la nominal, esperándose una diferencia promedio bastante más baja que la actual.

## **8. Requisitos de titulación**

Hasta aquí, en la cultura nacional de las facultades de Ingeniería, han sido típicos requisitos de titulación el cumplimiento total del plan de estudio y otros tales como prácticas profesionales, trabajo de titulación, exámenes y otros.

Parecería que en el actual escenario, esa tradición debería ser revisada en más de un sentido. En el punto anterior se comentó sobre su incidencia en la longitud real de las carreras. Aquí se busca llamar la atención hacia su pertinencia formativa.

Si se aspira a una formación dentro de los parámetros de Ingeniería 2030, necesariamente el concepto de titulación debe abrirse considerando variantes tales como:

- Trabajos supervisados y evaluados en empresas u otros ámbitos
- Trabajos de investigación aplicada
- Proyectos profesionales
- Actividades realizadas en otras instituciones de Educación Superior
- Emprendimientos
- Participación en actividades de innovación
- Exámenes de conocimientos específicos e integrados

Lo anterior busca dar cuenta de distintas vías de formación dentro de una misma carrera, interdisciplina, internacionalización y otros factores que amplía el horizonte educativo. Idealmente las actividades especiales que se asocian a la titulación deberían estar integradas al plan de estudios correspondiente de manera que no impliquen tiempos adicionales de formación.

## **9. Flexibilidad curricular**

Si se acepta que un contexto formativo que favorece la innovación y emprendimiento debe ser amplio para dar cabida a distintas motivaciones estudiantiles, y a la vez dar lugar a trabajos multidisciplinarios, característicos de los proyectos innovativos, los currículos necesariamente deben ser flexibles. Esto significa ofrecer líneas formativas optativas, con minors, múltiples cursos electivos con opciones dentro de las propias facultades de Ingeniería, otras facultades y otras instituciones. Es sabido que una estructura formativa de estas características demanda una gestión más compleja que no es fácil implementar.

La flexibilidad curricular tiene cierto efecto en los perfiles de egreso, dado que no todos los alumnos tendrán la misma formación, afectándose así el principio oficial que indica que todos los egresados de una carrera deben lograr el mismo perfil de egreso. En la óptica de una formación para la innovación y emprendimiento tal principio debe ser revisado. Razones hay para que sea recomendable definir perfiles de egreso lo bastante generales como para que sean consistente con procesos formativos variados. No es imposible que dichos perfiles puedan aún ser diferenciados, como podría suceder en el caso en que solo un grupo de estudiantes complete experiencias significativas en emprendimiento.

## **10. Plan formativo integral**

Si bien la Ingeniería Civil está llamada por ahora a proveer el mayor número de profesionales comprometidos con innovación y emprendimiento, su formación es acotada y deberá ser complementada con otros niveles formativos, como se plantea sistémicamente en la figura 4.

Los proyectos actuales de Ingeniería 2030 deberían plantear un compromiso, que puede involucrar más largo plazo, que incluya niveles superiores de formación, particularmente en los grados de magíster y doctorado, en sus versiones académica y profesional. Ya hay iniciativas en curso en esta materia, pero no son generalizadas. De esta manera se podrá escalar a niveles más avanzados de innovación basados en nuevo conocimiento científico, vinculado a mayor valor agregado, idealmente protegido por patentamientos u otras estrategias para estos efectos.

### **D. Investigación y Vinculación con el Medio**

## **11. Unidades de I+D+i+e**

Considerando todos los requisitos previos que harían efectiva una real transformación curricular orientada a la innovación y emprendimiento, dadas las tradiciones y estado de las actuales facultades de Ingeniería, aparecen múltiples desafíos de capacidades y recursos.

Si se extrema el principio que para enseñar algo se requiere conocimiento y experiencia en eso, habría que concluir que pocas facultades de Ingeniería cumplen el principio indicado pues están en el presente asumiendo un desafío para el cual tienen conocimientos y experiencias incompletos.

Por lo tanto esas facultades deberían conducir un proceso acelerado de aprendizaje en desarrollo y transferencia tecnológicos, en innovación y emprendimiento. Por esta razón parece altamente deseable que dichas facultades instalen o potencien unidades tales como centros, institutos, laboratorios y programas, etc. que concentren capacidades y recursos en áreas multidisciplinarias que combinen problemáticas productivas y estratégicas complejas con la necesidad de desarrollar nuevas tecnologías en alguna medida.

En el presente ciertas facultades tienen unidades similares a las mencionadas, usualmente con compromisos más académicos que pertinentes al desarrollo nacional, y con bastante limitada participación estudiantil.

#### ***E. Recursos***

##### **12. Recursos de apoyo**

La renovación curricular exige recursos de apoyo a la docencia en varias dimensiones, como son equipamiento e instrumentación de laboratorios, fungibles, recursos informáticos, medios de comunicación modernos y amplios, y movilidad todo ello complementado con personal de apoyo, que debe ser previsto oportunamente. En esta perspectiva ello implica modificar de alguna forma el correspondiente presupuesto de las facultades. Dichas modificaciones y su proyección en el tiempo deberían constituir indicadores claves del compromiso institucional con los cambios declarados.

##### **13. Infraestructura**

Los nuevos currículos conllevan, por su filosofía educativa, necesidades de infraestructura que deben ser atendidos. Muchas facultades de Ingeniería cuentan con buena infraestructura para su docencia tradicional. Ahora se abren necesidades que pudieran no estar bien cubiertas, tres de las cuales son espacios para laboratorios y talleres requeridos por la docencia regular orientada a la innovación, espacios especiales para los emprendimientos que los requieran, y espacios de libre disposición para trabajo individual o grupal de estudiantes que abordan problemas de Ingeniería en la óptica innovativa actual.

En el punto siguiente, relativo a unidades especializadas, aparecen otras necesidades de infraestructuras adicionales.

#### **IV. RECOMENDACIONES FINALES**

La visión que se ha buscado decantar en lo precedente sobre el desafío que implica para las facultades de Ingeniería nacionales orientar efectivamente sus procesos formativos hacia la innovación y emprendimiento, pone en evidencia un número importante de problemas que, en aras de la consistencia, obliga a formular algunas recomendaciones de carácter general. Ellas son:

1. Dado el tenor y número de requisitos mínimos que se deberían cumplir para que el proceso cambio curricular sea efectivo, y no pase a ser una formalidad, como ha ocurrido en el pasado, se requiere de un proceso de monitoreo más estricto de parte del gobierno. Es necesario verificar el cumplimiento de esos requisitos, para lo cual los antecedentes presentados por las facultades son elementos necesarios, pero no suficientes. Debería operar el mismo criterio que se aplica en aseguramiento de la calidad (acreditación), en que se utilice una auditoría académica externa que valide los logros efectivos declarados.
2. Los indicadores de desempeños deberían estar orientados a “Resultados” y no a “Procesos”, así como focalizar el seguimiento a un listado reducido de indicadores los que perentoriamente se debieran cumplir, en lugar de una gran cantidad de indicadores dentro de los cuales las universidades tienden a incluir algunos que ya estaban en marcha, y cuyo cumplimiento en ningún caso se va a deber a recursos aportados por proyectos externos.
3. Por las mismas razones anteriores, no parece recomendable que el Programa Ingeniería 2030 concluya antes que se hayan cumplido los requisitos más críticos que pueden asegurar la efectividad de aquél.
4. Se debería focalizar el uso de los recursos públicos que se otorgan a las facultades en innovaciones específicas previamente priorizadas, con el objetivo de aumentar las capacidades instaladas, tanto en infraestructura (laboratorios de docencia, laboratorios de prototipajes), como en la creación de nuevas actividades (movilidad internacional, estadías de profesores extranjeros, fomento a la innovación y emprendimiento), evitando el financiamiento de actividades operacionales rutinarias.
5. Se deberían incentivar las estrategias para aumentar el ingreso de mujeres a las carreras de ingeniería, ya que actualmente existe una baja captación de talentos femeninos, por lo que a través de esta vía sería posible mejorar indicadores académicos tales como la retención y el aumento del número de titulados.
6. Varios de los requisitos planteados exigen recursos y condiciones de entorno a que quizá no todas las facultades puedan acceder por ahora. Esto hace pensar en diferenciar por grados de avance a las facultades de Ingeniería. Una falta de realismo en esta materia puede conducir a un estado de cosas en que sea difícil distinguir entre logros reales y declaraciones.
7. Parte de los problemas que la iniciativa Ingeniería 2030 concita, proviene de ciertas inconsistencias que se han dado en diversas políticas nacionales, entre ellas las del MINEDUC, CONICYT, CNA y CORFO, todas las cuales tienen alguna incidencia en los modelos nacionales de la Educación Superior, pero no en forma totalmente coherente, dado que los énfasis privilegiados son en parte diferentes.

8. Se destacan aquí particularmente dos aspectos que se consideran cruciales para que las carreras de Ingeniería Civil diseñadas en el contexto del Programa Ingeniería 2030 aseguren su efectividad. Estos aspectos han sido destacados en las secciones anteriores.
  - i) Las carreras deben definir sus objetivos sociales, especialmente en lo que a innovación y emprendimiento se refiere, como impactos esperados, especificando éstos de modo que visibilicen su pertinencia social y sean verificables.
  - ii) Las facultades de ingeniería deben fortalecer la gestión de sus cuerpos académicos actualizando los reglamentos de carrera académica y la composición de aquéllos en la perspectiva de Ingeniería 2030.
9. A CORFO le correspondería alertar sobre las implicancias que tiene la acreditación en los programas de postgrados tecnológicos, la conformación deseable de los cuerpos académicos, las carreras académicas, la orientación de la investigación, y otros ítems complementarios en cumplimiento de la política de fomento a la innovación y emprendimiento.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABET (2019). Criteria for Accrediting Computing Programs, 2019 – 2020. Baltimore. USA. Recuperado de: <https://www.abet.org/accreditation/accreditation-criteria/criteria-for-accrediting-computing-programs-2019-2020/>

Academia de Ingeniería de Chile (2018). Visión de Futuro de la Ingeniería y de los Ingenieros en Chile. Santiago, Chile.

COMISIÓN NACIONAL DE ACREDITACIÓN CNA-CHILE. (2010) Aseguramiento de la calidad en la Educación Superior: Cuatro años de CNA-Chile. Andros Impresores. Chile.

Instituto de Ingenieros de Chile. (2018). La Formación de Ingenieros Civiles en Chile. Santiago, Chile.

Knight, Peter T. Yorke, Mantz. (2003). Assessment, Learning and Employability. Open University Press. Berkshire. England

Letelier, M. Oliva, C. Cuevas, C. Carrasco, R. López, L. (2012) Higher Education in Chile: Culture, Assumptions, and the Challenge of Relevance and Effectiveness. “Chile: Environmental, Political and Social Issues”. Nova Science Publishers, Inc. New York.USA. Chapter 8, pp. 175-193.