

ACADEMIA NACIONAL DE INGENIERÍA

## ■ Educación del ingeniero del siglo XXI

URIEL CUKIERMAN, TERESA PÉREZ, JOSÉ LUIS ROCES

### EL PERFIL DEL INGENIERO DEL SIGLO XXI

Puestos a definir el perfil del ingeniero del Siglo XXI resulta necesario, en primer lugar, caracterizar el momento histórico al que nos estamos refiriendo y, luego, la manera en la cual se puede intentar alcanzar dicho perfil por medio de la formación de los futuros graduados y de la necesaria adaptación de quienes hoy ejercen la profesión.

Sin embargo, el intento de caracterización antes mencionado nos enfrenta al hecho de que tratamos con una realidad tan cambiante como imprevisible. Es por ello que es imprescindible buscar patrones, más allá de los hechos circunstanciales; identificando las tendencias que subyacen y que nos permitan imaginar las demandas de la sociedad a las que se enfrentarán los ingenieros en las próximas décadas. Cabe entonces mencionar algunos hechos de la historia reciente que nos guíen en este proceso.

Si bien el Siglo actual ha comenzado, en términos estrictamente cronológicos, el 1 de enero del año 2001, se pueden encontrar, a fines del siglo pasado, algunos antecedentes que moldearon y aún inciden en la realidad actual y futura. Quizás el primero de ellos haya sido la caída del Muro de Berlín en 1989 y su impacto en el *proceso de globalización*, hasta ese momento en ciernes. Resulta pertinente, por lo tanto, mencionar aquí como refuerzo de la idea de cambio e imprevisibilidad, la actual situación geopolítica internacional que ciertamente atenta contra la continuidad y expansión de dicho proceso.

Otro hecho digno de mención en este devenir histórico fue la creación, también para la misma época, de la llamada *World Wide Web*, germen de todos los cambios sociales, políticos y económicos que derivaron de la masificación del uso de Internet para la mayoría de las actividades cotidianas de buena parte de la humanidad y, con ella, el advenimiento de la denominada Sociedad de la Información y el Conocimiento. En palabras de Castells, “se trata de una sociedad en la que las condiciones de generación de conocimiento y procesamiento de información han sido sustancialmente alteradas por una revolución tecnológica centrada sobre el procesamiento de información, la generación del conocimiento y las tecnologías

de la información.” [1] Al respecto, la UNESCO declara que “las sociedades del conocimiento deben apoyarse en cuatro pilares: la libertad de expresión, el acceso universal a la información y al conocimiento, el respeto a la diversidad cultural y lingüística, y una educación de calidad para todos.” [2]

El nuevo siglo comenzó con falsas predicciones, tales como la crisis informática del año 2000 o la llamada “burbuja” de las empresas tecnológicas. Fuimos así recorriendo los últimos veinte años de la historia de la humanidad asistiendo al crecimiento de las grandes empresas basadas en “bits”, las denominadas FAANG<sup>1</sup>, que en pocos años superaron varias veces en valor de mercado a las tradicionales empresas basadas en “átomos”<sup>2</sup>, hasta llegar a la época actual caracterizada por la pandemia y la invasión de Rusia sobre Ucrania, ambos hechos de innegables consecuencias a nivel global en todos los órdenes de la vida.

No se puede dejar de mencionar en esta breve recapitulación, el innegable cuestionamiento de los supuestos básicos de las sociedades democráticas modernas ya sea por parte de los propios ciudadanos o de las autoridades que los gobiernan. Tales supuestos básicos son, entre otros, el fomento del pluralismo, el respeto a las minorías, la libertad de expresión, la libertad de información, la resolución pacífica de los conflictos, la descentralización y limitación del poder, todas cuestiones que se han visto amenazadas, cuando no limitadas o directamente conculcadas, en muchos países. En efecto, según un estudio elaborado por el International Institute for Democracy and Electoral Assistance, actualmente el 70% de la población mundial vive en regímenes autocráticos o democracias en retroceso [3]. Una de las razones que atenta seriamente contra el desarrollo de los supuestos básicos mencionados previamente es la limitación en el acceso y la tergiversación de la información. En tal sentido, el filósofo coreano Byung-Chul Han asevera que la democracia está degenerando en una “*infocracia*”, en la cual “la sociedad, la economía o la política están determinadas por la información y su procesamiento mediante algoritmos e inteligencia artificial”. [4] Otra de las razones es el deterioro y el condicionamiento de los sistemas públicos de educación. En efecto, ya en el año 2017 el Banco Mundial alertaba sobre una “crisis del aprendizaje” [5] y ahora, luego de pasada la peor parte de la pandemia, la situación se ha deteriorado aún más, tal como lo describe el Secretario General de las Naciones Unidas, António Guterres. [6]

Para finalizar esta caracterización del inicio del presente siglo, y en línea con lo hasta aquí expresado, pero con el foco en la educación, Grané y Bartolomé mencionan temas como : “el concepto de “autoridad” en la Sociedad del Conocimiento,

1 Por las iniciales de las empresas Facebook, Amazon, Apple, Netflix y Google

2 Según la denominación acuñada por Nicholas Negroponte en su libro “Ser Digital”

la superficialidad de ese conocimiento, la inestabilidad de los documentos para una información que difícilmente podemos abarcar, la autoría social y cómo de ahí llegamos a una democracia informativa, el acceso global a la información, la sociedad transparente y el respeto a la privacidad, la construcción de la sociedad digital.” [7]

En este breve repaso de hechos y circunstancias pueden ciertamente identificarse algunos de los patrones mencionados al principio de este texto. Aparecen claramente cuestiones vinculadas con la incertidumbre sobre el devenir inmediato y mediato de la sociedad, el libre acceso a información verificada y confiable, a la capacidad para transformar dicha información en conocimiento válido y valioso, el rol que la educación tiene para el logro de las dos cuestiones previas y, de manera transversal, la tecnología y el uso que de ella se hace.

Para avanzar con el objetivo de definir el perfil del ingeniero del Siglo XXI, resulta revelador analizar las demandas que plantean quienes contratan a los egresados de las Instituciones de Educación Superior en general, y en particular a los ingenieros. Una encuesta realizada por Manpower Group abarcando a más de 40.000 empleadores en 40 países [8] mostró que a medida que cada aspecto de la vida se vuelve más tecnológico, las fortalezas humanas se destacan en la era digital y, en esa línea, describe las cinco competencias más demandadas, a saber:

- Confiabilidad y Autodisciplina
- Resiliencia y Adaptabilidad
- Razonamiento y Solución de Problemas
- Creatividad y Originalidad
- Análisis y Pensamiento Crítico

En la misma línea, el World Economic Forum [9] indica lo siguiente:

Las habilidades que adquieren mayor importancia incluyen el pensamiento analítico y el aprendizaje activo, así como habilidades como el diseño tecnológico, lo que destaca la creciente demanda de diversas formas de competencia tecnológica. Sin embargo, la competencia en nuevas tecnologías es solo una parte de la ecuación de habilidades de 2022. Las habilidades “humanas” como la creatividad, la originalidad y la iniciativa, el pensamiento crítico, la persuasión y la negociación también mantendrán o aumentarán su valor, al igual que la atención al detalle, la resiliencia, la flexibilidad y la resolución de problemas complejos. La inteligencia emocional, el liderazgo y la influencia social, así como la orientación al servicio, también verán un aumento particular en la demanda en relación con lo que ocurre en la actualidad.

Si bien estas demandas involucran también a los ingenieros, existen otros estudios que caracterizan específicamente el perfil del ingeniero requerido para el futuro mediano e inmediato. Un estudio particularmente pertinente al respecto es el realizado por la Universidad Técnica de Delft que propone, las 10 fuerzas que guían en la definición del ingeniero del futuro [10]. Ellas son:

- Los ingenieros encontrarán cada vez más un propósito en los desafíos sociales más destacados. Los ingenieros afrontarán importantes desafíos que provendrán de nuevas necesidades sociales emergentes.
- La ingeniería seguirá requiriendo una cultura y educación que requieren implican esfuerzo, motivación y persistencia.
- La ciencia ya no será la única fuente de verdad. Deberán complementarse los saberes en ciencias, con formación humanística, aspectos ambientales, sociales, etc.
- Se incrementará la movilidad de los investigadores universitarios y los estudiantes de ingeniería y serán menos dependientes del lugar o la universidad de la que provienen.
- La creación de un significado será la columna vertebral para el crecimiento digital y analógico. La cooperación y la interacción social siguen siendo el eje principal de la innovación y el desarrollo.
- La tecnología minimizará el miedo de las personas al cambio tecnológico.
- El futuro ingeniero estará intrigado por las “cosas” y por las personas que hay en ellas
- Las personas tendrán una mentalidad emprendedora de por vida.
- La colaboración será más abierta, interdisciplinaria y mediada por sistemas de “caja negra”: que resultarán más confiables para las personas.
- “Aprender” significará mantenerse en sintonía con los próximos grandes desafíos.

La profesión que hoy conocemos como ingeniería surgió durante el siglo XVI cuando los especialistas comenzaron a utilizar las matemáticas para diseñar fortificaciones militares, fueron los primeros ingenieros “militares”. No fue sino hasta varios siglos después que los nuevos métodos de procesamiento de materiales permitieron que los ingenieros “civiles” transformaran el transporte, la construcción y la fabricación. En este proceso los conocimientos necesarios para el adecuado

ejercicio de la profesión eran relativamente acotados y variaban poco a lo largo de los años. A medida que las demandas se fueron complejizando y los conocimientos necesarios para atenderlas fueron creciendo, la ingeniería se fue segmentando, creando lo que hoy conocemos como especialidades.

Pero el ritmo de crecimiento del conocimiento ha alcanzado en épocas recientes un ritmo exponencial y es posible asumir que el conocimiento relevante está aumentando más rápido y en mayores cantidades de las que lo podemos absorber. Al mismo tiempo se produce una reducción de la vida útil de dicho conocimiento lo que requiere estar constantemente reemplazando el conocimiento desactualizado con nuevo conocimiento en un proceso continuo de desaprender y aprender. Sin embargo, el conocimiento por sí solo no es suficiente y es igualmente importante la capacidad de aplicar un buen juicio basado en dicho conocimiento [11], juicio para el que se requiere desarrollar y aplicar las llamadas “habilidades blandas” previamente mencionadas en este texto.

La sociedad actual es sustancialmente diferente a la que conocimos quienes nos formamos hace algunas décadas, y lo será mucho más en los próximos años. En el año 2015, la Organización de las Naciones Unidas aprobó la denominada “Agenda 2030 sobre el Desarrollo Sostenible” [12], presentándola como una oportunidad para que los países y sus sociedades emprendan un nuevo camino con el que mejorar la vida de todos. Dicha Agenda cuenta con 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible que incluyen, entre otros, la eliminación de la pobreza, el combate al cambio climático, la igualdad de la mujer, la defensa del medio ambiente, el diseño de nuestras ciudades y, por supuesto, la educación.

Por otra parte, a mediados de la década pasada surgió el concepto de “Smart Society” o sea, aquella que pueda aprovechar con éxito el potencial de la tecnología digital y los dispositivos conectados y el uso de redes digitales para mejorar la vida de las personas. [13] Este concepto es luego expandido en lo que dio en llamarse “Sociedad 5.0”, proponiendo una fusión entre el espacio físico (mundo real) y el ciberespacio aprovechando al máximo las TIC, o sea, una “sociedad súper inteligente” que traerá riqueza a la gente. [14] Más allá de estas visiones, quizás excesivamente tecnocráticas, no cabe duda que la sociedad actual está cruzada y sustentada en la tecnología digital. El desafío consiste entonces en buscar una síntesis entre las necesidades planteadas por los Objetivos de Desarrollo Sostenible y las posibilidades que puede ofrecer la tecnología para facilitar el logro de aquellos. Se podría decir entonces que el mundo del futuro estará determinado por la forma en que las personas y las máquinas trabajen juntas.

Los ingenieros, como profesionales de la tecnología, tenemos entonces un rol central en este nuevo mundo al que estamos ingresando. Ahora bien, tal como ya se ha expresado previamente en este mismo texto, los ingenieros deberemos, cada vez más, incorporar en nuestra formación primero, y en la práctica profesional después, cuestiones eminentemente humanas para que la tecnología esté al servicio del hombre y no al revés. Para lograr este objetivo será esencial promover un enfoque holístico para la formación de ingenieros. En palabras de Domenico Grasso, un alto directivo de varias universidades norteamericanas,

“brindar una formación más amplia a los ingenieros no sólo los hará mejores diseñadores sino que también les dará las herramientas para trabajar de forma productiva junto a los otros solucionadores de problemas con los que cada vez más deberán colaborar: abogados que resuelven conflictos, economistas que encuentran los incentivos e impedimentos que promueven el cambio positivo, historiadores que elucidan el presente a través del conocimiento del pasado, artistas que poseen una apreciación por la forma y la función, y políticos que alcanzan acuerdos. La habilidad para modelar e incorporar elementos de economía, sociología, psicología y negocios para identificar posibles soluciones a problemas urgentes será una parte muy importante del futuro de la ingeniería”. (Citado por Goldberg y Somerville en [15])

Goldberg y Somerville proponen en su libro “A Whole New Engineer”, la necesidad de un “Nuevo Ingeniero” capaz de desarrollar, y ser capaz de poner en práctica “múltiples mentes” en su trabajo, las que describen de la siguiente manera:

- **Mente analítica**

Pensamiento lógico y una aplicación cuidadosa de los principios científicos y matemáticos.

- **Mente de diseño**

Voluntad y la capacidad para imaginar lo que no existe, pensar creativamente y hacer conexiones inesperadas.

- **Mente lingüística**

Poder comunicar las ideas es tan importante como generarlas.

- **Mente “empática”**

La ingeniería es una profesión social y requiere inteligencia emocional y habilidades personales.

- **Mente “presente”**

La ingeniería también requiere presencia de liderazgo y tomar decisiones de

manera intuitiva

- Mente consciente

Capacidad de reflexión, búsqueda de sentido e intencionalidad sobre la propia forma de pensar y actuar.

Hasta aquí se ha descrito el contexto histórico, así como algunas concepciones acerca de cómo debería ser el perfil de un ingeniero en la actualidad, con una perspectiva hacia las próximas décadas. Dicho análisis da cuenta de la necesidad de formar ingenieros con criterios adaptados a la época, pero que no pierdan por ello la especificidad disciplinar. Resulta entonces pertinente recuperar aquí un trabajo previo del Instituto de Educación en la Ingeniería (Academia Nacional de Ingeniería) realizado en julio de 2021, en el cual se definen las competencias del ingeniero argentino [16], a saber:

- Enfrentar problemas técnicos complejos, novedosos y multidisciplinarios con actitud crítica, reflexiva y transdisciplinaria, y resolverlos con pericia, creatividad y actitud innovadora, trabajando en equipo para sopesar adecuadamente el valor de los elementos propios de su disciplina y el de los demás conocimientos involucrados, garantizando de ese modo los objetivos planificados y la innovación en sus resultados.
- Identificar y evaluar las mejores prácticas de la ingeniería a nivel global de manera de poder adaptar las innovaciones a la realidad de nuestro país.
- Autogestionar su formación continua, como un proceso que les permita asimilar los avances en la ciencia, los progresos tecnológicos, y las modificaciones en las interacciones sociales haciendo crecer su idoneidad profesional.
- Reconocer desafíos políticos, económicos, ambientales y sociales del sistema en el que se desempeñarán profesionalmente y evaluar los aspectos relevantes de dichos desafíos, en conjunto con los elementos técnicos de la ingeniería.
- Tomar decisiones desde una perspectiva ética, enfocada al bien común, durante el período en el que llevarán a cabo sus tareas profesionales, propendiendo al desarrollo y al progreso de nuestro país y al bienestar de sus habitantes.
- Considerar en la toma de decisiones presentes el impacto de su legado a las generaciones futuras, aportando desde la ingeniería a la obligación universal de

preservación del patrimonio natural y cultural de la humanidad.

- Comunicar con veracidad y transparencia a distintos actores sociales, políticos y económicos las cuestiones de su especialidad y de la ingeniería en su conjunto, haciendo más efectivo el aporte de la profesión a la búsqueda de soluciones consensuadas que, objetivamente, convengan al progreso y el desarrollo de nuestro país, dentro del marco de las leyes y la Constitución Nacional.

Es de hacer notar que las competencias descriptas en este perfil satisfacen de manera adecuada los requerimientos de la sociedad y las circunstancias actuales y para los próximos años, que los trabajos antes mencionados prescriben. Un aspecto clave a mencionar es que en la implementación de este perfil se deben tener en cuenta los lineamientos conceptuales e ideológicos descriptos previamente, de manera tal que el profesional de la ingeniería no solo domine el “saber hacer” sino también, el “saber ser y estar” en la sociedad en la que se desenvuelve y para la cual desempeña su tarea.

## BRECHA EDUCATIVA EN LA ARGENTINA PARA EL PERFIL BUSCADO

En esta parte del trabajo se desea establecer las características que son necesarias mantener y mejorar o cambiar en la formación de los futuros ingenieros, a partir del análisis de las fortalezas y debilidades percibidas en el ejercicio profesional actual, tomando como base el perfil descripto anteriormente. Ello incluye la enseñanza universitaria, la formación docente y la articulación de la investigación y la innovación, entre otras.

Tomando como base el minucioso informe del Consejo Federal de Decanos de Ingeniería (CONFEDI) [17] y analizando en detalle las competencias allí presentadas, surge un grupo de ellas como las necesarias a fortalecer para los nuevos ingenieros, a la luz de los desafíos del siglo XXI.

Este análisis se enfoca en las Competencias de Egreso, que se desarrollan a través de las prácticas “preprofesionales” realizadas por los estudiantes durante el desarrollo de su carrera. Esas competencias incorporadas a la formación del recién graduado serán el germen para el posterior desarrollo durante el ejercicio efectivo de la profesión. El objetivo de las etapas de grado debe ser lograr en el futuro ingeniero el dominio de cada una de esas competencias como componentes fundamentales para su evolución profesional y generando en ellos la actitud de desarrollo continuo de las mismas, a lo largo de la vida laboral.

Nos interesa destacar, las competencias que complementan la formación técnica específica, cuyos contenidos entran en el campo de las identificadas como “competencias genéricas”. Adoptando la definición del documento del CONFEDI, son aquellas vinculadas a las competencias profesionales comunes a todos los ingenieros. Estas son descriptas como de naturaleza tecnológicas, sociales, políticas y actitudinales.

Dentro de las diez mencionadas en ese documento, a los fines de nuestro análisis nos interesa destacar algunas, que las consideramos importantes en el contexto actual del ingeniero.

### **Competencia para aprender en forma continua y autónoma:**

Esta competencia requiere como principio fundamental el convencimiento por parte del profesional de que trabaja en un campo en permanente evolución, lo que requiere un continuo aprendizaje y capacitación. Ese convencimiento será la fuerza impulsora que lo lleve a encarar el aprendizaje de manera autónoma, considerándolo como una inversión a nivel profesional. Deberá evaluar en cada etapa de su vida profesional su desempeño, seleccionando en cada momento las alternativas para una formación adecuada.

Al vivir en un mundo con tan abrumadora disponibilidad de información, contactos y opciones de perfeccionamiento en los medios y redes deberá poder seleccionar los temas y el material relevante (que sea a la vez válido y actualizado), haciendo una lectura comprensiva y crítica del mismo.

### **Competencia para utilizar de manera efectiva las técnicas y herramientas de aplicación en la Ingeniería:**

Esta competencia requiere la articulación del conocimiento para identificar y seleccionar las técnicas y herramientas disponibles. También será necesario la habilidad para utilizar y/o supervisar la utilización de esas técnicas y herramientas. El análisis y evaluación de las herramientas disponibles serán un indicador de aquellas temáticas en las que requiere capacitación y /o actualización. De ahí la sinergia entre esta competencia y la referida a aprender en forma continua y autónoma.

### **Competencia para comunicarse con efectividad:**

Esta competencia requiere la aplicación efectiva de diversas habilidades esenciales en la profesión, como la comunicación oral, escrita y gráfica. Ella es fundamental para seleccionar las formas de comunicación en función de los objetivos y de los interlocutores, siendo capaz de expresarse de manera concisa, clara y preci-

sa, identificando el tema central y los puntos claves del informe o presentación a realizar. Saber enfocar en lo esencial a transmitir y adaptarlo a las características/intereses de la audiencia.

### **Competencia para desempeñarse de manera efectiva en equipos de trabajo:**

Para lograr el desarrollo de esta competencia se requiere poder identificar las metas y responsabilidades individuales y colectivas y actuar de acuerdo a ellas. Los ingenieros deben asumir como propios los objetivos del grupo y actuar en consecuencia. Ser capaces de respetar los compromisos (tareas y plazos) contraídos con el grupo y mantener la confidencialidad. Lograr un clima de intercambio efectivo de ideas, reconociendo y respetando los puntos de vista y opiniones de los demás. Hacerse responsables de sus contribuciones y rendir cuentas de las mismas,

El desarrollo de esta competencia se relaciona con la comunicación efectiva, ya que, la misma resulta fundamental para el desarrollo de la actividad en equipo.

### **Competencia para actuar con ética, responsabilidad profesional y compromiso social, considerado el impacto económico, social y ambiental de su actividad en el contexto local y global:**

Deberá lograrse que el ingeniero pueda comprender la responsabilidad ética de sus funciones e identificar las connotaciones éticas de diferentes decisiones en el desempeño profesional. Es fundamental el conocimiento para evaluar el impacto económico, social y ambiental de su actividad en el contexto local y global y de anteponer los intereses de la sociedad en su conjunto, a intereses personales, sectoriales, comerciales o profesionales, en el ejercicio de la profesión. El ingeniero deberá ser capaz de ceñirse a los principios arriba mencionados aun cuando puedan entrar en conflicto con intereses de comerciales de empleadores, clientes u otros agentes con influencia en su actividad profesional.

Junto con las seleccionadas del documento del CONFEDI, le damos mucha importancia a dos competencias, como necesarias para enfrentar los desafíos del siglo XXI: *la de educación digital y la del dominio del inglés.*

### **Competencias de Educación Digital:**

La necesidad de integrar las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) en las prácticas de enseñanza y de aprendizaje para garantizar una educación de calidad, equitativa e inclusiva ha sido considerada como prioritaria, particularmente en las últimas décadas. [18]

Esta competencia deberá ser desarrollada en primera instancia a nivel docente

y en seno de las casas de estudio y aplicada en la formación de los futuros profesionales. El impacto de la tecnología digital es masivo y condiciona la efectividad en el ejercicio de todos los ingenieros. Tener la vivencia de la aplicación de una política integral de innovación educativa en su formación, permitirá al profesional usarla luego en su auto aprendizaje.

Es también fundamental desarrollar la capacidad para evaluar críticamente la oferta de información y material disponible en las redes, así como las pautas éticas para el uso de las redes en la difusión de información propia y uso de información ajena.

### **Competencia del dominio del idioma inglés:**

Las cuatro habilidades lingüísticas son: escuchar, hablar, leer y escribir. El inglés, es el idioma más requerido en la ingeniería y es fundamental en la generación del conocimiento científico y tecnológico. Su universalidad lo ha convertido en un requerimiento básico de la profesión y su dominio un factor de diferenciación en el ejercicio de la ingeniería.

### **El desafío educativo para el desarrollo de las competencias arriba detalladas**

A las reconocidas deficiencias en la enseñanza de las ciencias en el sistema educativo básico, de primaria y secundaria; los análisis prospectivos demuestran que además de resolver esas debilidades el ejercicio profesional de la ingeniería es cada vez más demandado por un conjunto de competencias “no tradicionales” que merecen ser consideradas por el sistema universitario y que han sido ya incorporadas a los estándares de acreditación de las carreras de ingeniería de las distintas facultades del país. Ello encierra un desafío de mejoras a las que nos referiremos en el próximo capítulo de este documento.

## **PROPUESTAS DE MEJORA EDUCATIVA**

Teniendo en cuenta lo formulado alrededor del perfil profesional del ingeniero del siglo XXI y la brecha educativa existente en la Argentina, es indudable que el desarrollo de la ingeniería en el país se enfrenta a desafíos.

Para dimensionar los mismos, es necesario destacar que la formación de ingenieros en la Argentina está desarrollada por 78 instituciones de Educación Superior Universitarias con más de 130 unidades académicas (facultades, escuelas) a lo largo de todo el país. En ellas al año 2020, se encontraban estudiando 205.835 alumnos, distribuidos un 91% en el área pública y 9% en la privada. En ese año la graduación

solo fue de 5.436 ingenieros, destacándose el año 2018 con una graduación máxima de 7.579 profesionales. Es importante mencionar que, a pesar de esa reducida tasa de graduación, las estadísticas muestran que a dos años de su egreso el 70% de los mismos están ocupados ejerciendo su profesión, con un salario superior en un 32% al promedio nacional de universitarios. El 26 % lo hace en industrias, 15 % en tecnologías informáticas y de comunicación y 10 % en la enseñanza [19]

Estos primeros datos permiten caracterizar algunos aspectos de la profesión. Como son su alta demanda, el bajo índice de graduación y lento incremento de los egresados en el tiempo. Lo que permite anticipar que existe prioritariamente un desafío de oferta en términos cuantitativos, que se agrava con la creciente emigración de ingenieros al exterior, en base a las diferentes opciones que hoy se le presentan en el extranjero.

En el aspecto cualitativo de su formación, los ingenieros argentinos son bien valorados en el país y en el mundo. Esto es la consecuencia de una larga tradición en la enseñanza de la ingeniería y de un número destacado de buenos docentes con experiencia en la profesión. En los últimos veinte años hay que destacar la labor del CONFEDI (Consejo Federal de Decanos de Ingeniería) en el ordenamiento de la oferta de ingeniería, como también la influencia de los procesos de acreditación de las carreras de ingeniería (art. 43 de la Ley de Educación Superior N°24521), realizado por la CONEAU, lo que ha permitido reducir las diferencias curriculares y establecer estándares comunes para la formación en todas las unidades académicas del país.

Esta tensión entre la búsqueda de una buena formación y la baja graduación, tiene múltiples explicaciones; pero la más importante proviene de la deficiente enseñanza de las ciencias básicas en el sistema educativo primario y secundario. Una evidencia de ello es la comparación del puntaje de las pruebas PISA (2018). En la Argentina sólo el 0,3% de los evaluados están en el más alto desempeño y el 69% en el menor nivel, en Matemática. En Ciencias es el 0,5% y el 53,5 % en los dos extremos. Esto nos ubica dentro de los países con más baja valuación de la muestra [20]. El impacto de esta debilidad provoca enormes deserciones en el ciclo universitario, donde casi el 75% de los ingresantes no alcanza a recibirse. A la vez ello desestimula las vocaciones tempranas para seguir carreras como la ingeniería.

Luego de esta breve introducción contextual, es nuestra intención describir un conjunto de propuestas de mejora que nos permitirían encarar el desafío que hemos planteado, de mejorar el ejercicio profesional de la ingeniería para enfrentar las demandas del siglo XXI.

### **Mejora de la enseñanza de la ciencia**

Es prioritario encarar el tema como condición necesaria para incrementar las vocaciones tecnológicas y elevar el índice de graduación de las carreras de ingeniería. Ello requiere una decisión política, con acuerdo federal. Un antecedente valioso es la Resolución CFE N°342/18, donde se estableció un Marco Nacional para la mejora del aprendizaje de la Matemática [21], de la cual se habían acordado planes y metodologías que deberían haberse implementado en dos años. Esta iniciativa incluía la enseñanza digital, de programación y robótica en toda la educación obligatoria.

La continuidad de estos acuerdos y en especial la formación de docentes del nivel secundario para asegurar la efectividad de los cambios pedagógicos, son esenciales. A sabiendas de la dificultad de lograr una efectiva capacitación en ciencias de los docentes secundarios alguna vez hemos propuesto, la posibilidad de generar procesos de vinculación de los docentes de la extensa red de facultades de ingeniería a lo largo del país, para que dictaran programas de capacitación para los profesores de ciencias del nivel secundario. Este intercambio de conocimientos, debería favorecer no sólo a mejorar la formación de base (hoy muy cuestionada desde los propios Institutos de Formación) sino también a comprender cuáles son las competencias clave que se requieren en la carrera de ingeniería, como la conceptualización abstracta, el pensamiento crítico, la capacidad reflexiva y el pensamiento sistémico. Es una iniciativa que a nivel regional no debería ser muy compleja de implementar, pensando en más de un centenar de unidades académicas a lo largo del país que son responsables de la enseñanza de la ingeniería.

La ausencia de laboratorios y talleres de física, química y biología en los niveles medios, podría ser también una oportunidad para promover la realización de algunas experiencias por parte de los alumnos secundarios en facultades y/o empresas de la zona en base a estímulos de vinculación tecnológica [22]. De este modo podría suplirse la escasa posibilidad de interactuar con los ambientes donde se experimenta los fenómenos de la ciencia.

### **Aprendizaje permanente**

La velocidad de cambio de la tecnología, pone en evidencia que no hay posibilidad de pensar en un ingeniero como un profesional consolidado o terminado luego de la graduación. La actualización y la adaptabilidad son dos condiciones incuestionables, para ello es necesario, tanto en el diseño curricular como en el ejercicio profesional; entender que un ingeniero efectivo es el resultado de un proceso de aprendizaje permanente, consolidado en programas de especialización, maestrías y

educación continua. La cantidad de ofertas formativas presenciales y virtuales de origen local o internacional, deben formar parte de una agenda personal estimulada por las propias universidades, los colegios profesionales, las empresas, las instituciones de capacitación, las plataformas de enseñanza y las múltiples formas de relacionamiento multidisciplinario que hoy se ofrecen en forma cotidiana a través de redes y medios.

Cuando una persona se gradúa de ingeniero, se pone en marcha un proceso de formación permanente a lo largo de toda la vida profesional. La accesibilidad a las diferentes opciones de aprendizaje son factores que evidencian el potencial de desarrollo de un país. Un país cerrado al conocimiento está condenado a su declinación. Por ello es tan importante la estructura de telecomunicaciones de la Argentina y su permanente desarrollo.

Otro factor que incide en la generación de oportunidades de actualización y, en especial, en un mundo de complejidad creciente, es la necesidad que los profesionales posean una formación multidisciplinaria. Comprender la realidad política, económica, social y ambiental requiere conocimientos complementarios a la formación básica de un ingeniero,

Su logro depende de la existencia de incentivos que promuevan acuerdos de asociatividad entre universidades y facultades; que combinen disciplinas complementarias, tales como las sociales con las tecnológicas, las biológicas con las ingenieriles, las ambientales con las ciencias básicas, las económicas con las técnicas. Nuestro sistema universitario es muy estanco, está diseñado en “silos verticales” de conocimientos, con casi nula interrelación con disciplinas integradoras. El siglo XXI es más complejo que los anteriores y ello exige un modelo de creación de conocimiento más holístico e interrelacionado. Nuestros profesionales deben ser invitados a tener experiencias multidisciplinarias durante y después de sus estudios universitarios. A la vez que alentar su capacidad discrecional para decidir en forma autónoma, distintas opciones de aprendizaje, que le permitan un desarrollo profesional más amplio.

### **Habilidades blandas**

Todos los estudios realizados en los últimos años, coinciden en mencionar que las mayores deficiencias en la profesión de la ingeniería no son en los conocimientos técnicos, sino en la comunicación, el trabajo en equipo y el estilo de liderazgo. En síntesis, un conjunto de habilidades interpersonales que constituye uno de los desafíos más exigentes para los que la universidad no prepara en sus planes tradicionales.

El conjunto de habilidades es variado, entre las que se destacan: la persuasión, la empatía, la inteligencia emocional, la capacidad negociadora, la colaboración, entre otras.

La primera tentación, y frecuentemente poco exitosa, es la de incorporar disciplinas sociales a los programas de estudio. El medio más efectivo, en cambio, es incorporar estas habilidades como integrantes metodológicos de la enseñanza, en las asignaturas propias de la carrera. Son cada vez más evidentes los trabajos por proyectos, a lo largo de la carrera que permiten aplicar estas habilidades y vincularlas a los contenidos tecnológicos. El contacto con problemas originados en demandas de la comunidad, la relación con los ámbitos laborales reales en una formación “dual”, la integración de equipos multidisciplinarios son todas experiencias de desarrollo de las habilidades blandas en etapas formativas, donde el apoyo de docentes en su rol de mentores o tutores permiten una evolución positiva del futuro profesional.

En el ejercicio de la ingeniería esta demanda se convierte en un factor decisivo para la carrera profesional dentro y fuera del marco institucional de empresas, organismos o grupos. Hoy es muy raro encontrar ingenieros destacados que no reúnan estas habilidades.

### **La ingeniería y la sustentabilidad.**

La sustentabilidad es una condición de un sistema que permite su sobrevivencia, satisfaciendo las necesidades presentes sin comprometer las condiciones del futuro. Es una condición supraestructural del sistema que le permite su adaptabilidad y por consiguiente su vitalidad.

Esta característica de diseño y funcionamiento, le propone a la ingeniería una profunda toma de conciencia, sobre el impacto de sus proyectos, a la vez que la interpela sobre su conocimiento en la elección de sus técnicas y materiales. El impacto de la ingeniería es social, económico y ambiental y por ello la propuesta de formación multidisciplinaria, que antes mencionamos, es una exigencia cada vez más evidente para la profesión.

En plena transformación tecnológica, con avances disruptivos en lo digital, lo biológico y la automatización, hay una diversidad de enfoques para abordar el concepto de la sustentabilidad. Su profundización exige multidisciplinariedad, a la vez que la necesidad de integrar los conocimientos da origen al logro de la interdisciplinariedad.

Este es un desafío muy exigente para el ingeniero del siglo XXI, pues lo lleva a salir de la seguridad de sus fórmulas y cálculos, a tener que recomendar acciones que se concilien con los comportamientos humanos, la ecología, la convivencia

social y la viabilidad política de los cambios. Para algunos, ello supone una trascendencia de la profesión que se ha dado en denominar “*Peace engineering*” o ingeniería para la paz [23], una nueva orientación en desarrollo en los próximos años.

### **La ética y los valores**

Los seres humanos expresamos a través de nuestros comportamientos la presencia de valores. Expresan nuestras creencias profundas ante demandas continuas entre la supervivencia y la trascendencia.

Como ingenieros la presencia de valores se evidencia en la toma de decisiones por el balance armónico entre los beneficios sectoriales y el bien común. Ello exige una formación ética para fortalecer nuestro rol en la sociedad.

Los valores profesionales son los emergentes de la educación, del conocimiento y de la experiencia en los cuales se basan los individuos para tomar decisiones y modelar sus actitudes ante diferentes situaciones.

La Academia Nacional de Ingeniería, ha identificado seis valores propios de la profesión y ha invitado a las universidades a tomarlos como referencia en la enseñanza y a los graduados en su propio ejercicio profesional. Ellos son: el respeto, la integridad, la objetividad, la responsabilidad, el servicio y el liderazgo [24].

## **CONCLUSIONES**

El mundo se enfrenta con cambios complejos en el siglo XXI, de naturaleza tecnológica, social, económica y política. Ellos requieren profundos cambios en el rol de la ingeniería en la sociedad. Los ingenieros hoy requieren tener competencias globales, para impulsar la innovación tecnológica con especial sensibilidad en los temas prioritarios: energía, medio ambiente, salud, alimentación, seguridad, entre otros. Ello exige una educación multidisciplinaria y un pensamiento sistémico para comprender las interrelaciones y las propiedades emergentes de los diseños apropiados a la solución a esas demandas.

En la situación actual, la Academia Nacional de Ingeniería, busca promover la relación entre las unidades académicas donde se forman los ingenieros con la demanda proveniente de las empresas, el Estado y las organizaciones sociales, de modo de crear los vínculos imprescindibles para el desarrollo equitativo y sustentable del país. El ayudar a despertar y orientar las vocaciones tecnológicas afines con la Ingeniería, es una de las acciones esenciales para que la Argentina pueda lograr la competitividad en la generación y distribución de productos y servicios, con un

alcance federal y con una dimensión global [25]

Este es el desafío educativo que los ingenieros, tenemos por delante.

## REFERENCIAS

- [1] M. Castells, «UOC,» julio 2002. [En línea]. Available: <https://www.uoc.edu/culturaxxi/esp/articulos/castells0502/castells0502.html>
- [2] UNESCO, [En línea]. Available: <https://es.unesco.org/themes/construir-sociedades-del-conocimiento>
- [3] International IDEA, «THE GLOBAL STATE OF DEMOCRACY 2021. Building Resilience in a Pandemic Era,» IDEA, Estocolmo, 2021.
- [4] B.-C. Han, Infocracia. La digitalización y la crisis de la democracia, España: Taurus, 2022.
- [5] Banco Mundial, 26 septiembre 2017. [En línea]. Available: <https://www.bancomundial.org/es/news/press-release/2017/09/26/world-bank-warns-of-learning-crisis-in-global-education> [Último acceso: 11 junio 2022].
- [6] United Nations, 24 enero 2022. [En línea]. Available: <https://news.un.org/en/story/2022/01/1110402>. [Último acceso: 11 junio 2022].
- [7] M. Grané y A. Bartolomé, «Nuevas concepciones del aprendizaje y la educación: trending topics,» de Aprendizaje y Educación en la Sociedad Digital, Barcelona, Universitat de Barcelona, 2013, pp. 32-49.
- [8] Manpower Group, «MANPOWERGROUP EMPLOYMENT OUTLOOK SURVEY,» 2022. [En línea]. Available: [https://go.manpowergroup.com/hubfs/MEOS/2022\\_Q3/Q3%20MEOS%20Global%20Report.pdf](https://go.manpowergroup.com/hubfs/MEOS/2022_Q3/Q3%20MEOS%20Global%20Report.pdf).
- [9] V. S. Ratcheva y T. Leopold, «WEF,» 17 septiembre 2018. [En línea]. Available: <https://www.weforum.org/agenda/2018/09/future-of-jobs-2018-things-to-know/>.
- [10] R. Klaassen, M. van Dijk, R. Hoope y A. Kamp, «Engineer of the Future. envisioning higher engineering education in 2035» TU Delft Open, Delft, 2019.- <https://www.4tu.nl/cee/publications/engineer-of-the-future.pdf>
- [11] P. Chamberlain, «Knowledge is not everything,» Design for Health, vol. 4, n° 1, pp. 1-3, 5 marzo 2020.
- [12] ONU, «ODS,» [En línea]. Available: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>. [Último acceso: 11 junio 2022].
- [13] C. Levy y D. Wong, «Towards a smart society,» Big Innovation Centre, Londres, 2014.
- [14] Government of Japan, «Cabinet Office,» [En línea]. Available: [https://www8.cao.go.jp/cstp/english/society5\\_0/index.html](https://www8.cao.go.jp/cstp/english/society5_0/index.html). [Último acceso: 11 junio 2022].
- [15] D. Goldberg y M. Sommerville, A Whole New Engineer, Douglas: ThreeJoy Associates, Inc, 2014.
- [16] Instituto de Educación en la Ingeniería, «Academia Nacional de Ingeniería,» julio 2021. [En línea]. Available: <https://acading.org.ar/wp-content/uploads/2021/07/IdEI-ANI-N1-Valores-y-perfil-profesional-del-ingeniero.pdf>. [Último acceso: 4 julio 2022].

- [17] Consejo Federal de Decanos de Ingeniería (CONFEDI “Acuerdo sobre Competencias Genéricas”
- [18] Ministerio de Educación Presidencia de la Nación: “Competencias de Educación Digital. Colección Marcos Pedagógicos Aprender Conectados
- [19] D. Morano - Indicadores de formación de ingenieros e inserción laboral- ANI / IdEI en elaboración (2021)
- [20] CEA/UB – La importancia de la graduación universitaria- año 9 N°97-octubre 2020.
- [21] Min. Educación Cultura. Ciencia y Tecnología- Marco Nacional para la mejora del aprendizaje de la matemática- Sec. Innovación y Calidad Educativa -2018.
- [22] <https://www.lanacion.com.ar/opinion/la-repregunta-emilia-ahvenjarvi-en-finlandia-hay-examenes-para-entrar-a-la-secundaria-superior-y-a-nid17072022/>
- [23] PENG Workshop Summary. University of New Mexico  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0040162521005461>  
[https://repositoriosdigitales.mincyt.gob.ar/vufind/Record/SEDICI\\_7f992b8b8bd88720b01012d-157974b6b](https://repositoriosdigitales.mincyt.gob.ar/vufind/Record/SEDICI_7f992b8b8bd88720b01012d-157974b6b)
- [24] J.L. Rocés - Valores y Perfil profesional del Ingeniero -IdEI. Doc N°1- Julio 2021- Academia Nacional de Ingeniería
- [25] Instituto de Educación en la Ingeniería - Propósitos y Misión-mayo 2020