

Tendencias y desafíos en la formación de Ingenieros Civiles

Carlos Palacio¹

Resumen

En este artículo se reflexiona sobre los avances de la tecnología y su impacto en la estructura social tradicional, y de cómo la ingeniería debe cambiar su paradigma educativo. Se presenta un resumen de los aspectos más relevantes del documento presentado por la ASCE (American Society of Civil Engineers) en el 2010, sobre “La Cumbre sobre el Futuro de la Ingeniería Civil en 2025”, realizada en Reston, Virginia, en junio de 2006. Finalmente, se realiza una reflexión sobre las potencialidades y retos de Colombia en este contexto.

1. El contexto global

“Salvo que nos apuremos, nos quedaremos rezagados”
Lucio Anneo Séneca, filósofo romano.

Los avances vertiginosos en el desarrollo de la tecnología de las últimas décadas han puesto al mundo científico y académico a replantear los viejos paradigmas y estimativos de desarrollo. Se ha llegado incluso cada vez más a aceptar la tesis de que el porvenir será tecnológico o no será, o sea, ésta se aplica adecuadamente o podría ocurrir una regresión indecible o un colapso mundial. Sin lugar a dudas, la tecnociencia afecta, y afectará cada vez más, el destino del mismo mundo, poniendo en cuestión la estructura tradicional de las sociedades y sus interrelaciones.

Las facilidades y servicios con los que cuenta hoy sólo podrían caber en la cabeza de los creadores de ciencia ficción de hace unas décadas:

- Fácil acceso a la información.
- Redes mundiales de banda ancha.
- Tecnologías de realidad virtual.
- Fusión de las telecomunicaciones y la informática (televoto, telecompra, ir a trabajar será historia para mucha gente: teletrabajo...).
- Servicios sin barreras.

Y estamos apenas en el inicio de la era digital, es por esto que debemos aplicar, en el contexto de la formación de ingenieros, la milenaria, pero aún vigente, reflexión de Séneca: *“Salvo que nos apuremos, nos quedaremos rezagados.”*

¹ Facultad de Ingeniería. Universidad de Antioquia, Medellín. Correo electrónico: cpalacio@udea.edu.co

2. Paradigmas en la historia de la ingeniería

La ingeniería, considerada como una de las actividades pilares en el desarrollo de las sociedades modernas, cuya razón de ser es aplicar los conocimientos y desarrollar técnicas y tecnologías para mejorar las condiciones de vida de la sociedad, se ve nuevamente, y de manera inevitable, avocada a replantear su paradigma básico para su formación.

De acuerdo con Valencia (2010), se han dado hasta el momento tres paradigmas en la historia de la ingeniería:

“Hasta fines del siglo XVIII no existía la profesión tal como se conoce hoy; se construía intuitivamente, con base en ensayo y error, y a la manera de los artesanos según la tradición de maestros y aprendices. Podría decirse que los embriones de arquitecto e ingeniero se confundían en el Maestro Constructor, y ésta trabajaba en el sitio de la obra. Éste es el primer paradigma. Debido a las exigencias de la revolución industrial, y gracias a la aparición de las primeras escuelas de ingeniería en Francia, empieza a perfilarse la ingeniería como arte (segundo paradigma), es decir, como un oficio especializado que exigía destrezas y habilidades muy elaboradas. El segundo paradigma dura más o menos hasta la segunda guerra mundial. Luego aparece la ingeniería con base científica, el tercer paradigma. Se aprovechan al máximo las ciencias exactas y naturales para fundamentar la profesión, se desarrollan las llamadas ciencias de la ingeniería como la hidráulica, la resistencia de los materiales, las estructuras, etc., y se acelera la creación de nuevas ramas de la ingeniería, distintas a la civil.”

Y siguiendo en la línea de Valencia (2012), éste tercer paradigma llega hasta el inicio de la era digital, de la “Sociedad del Conocimiento”. Es por eso que las Academias de Ingeniería e importantes Asociaciones de Ingeniería, han asumido la importante tarea de repensar la ingeniería, y la formación del ingeniero, en este nuevo contexto, para definir las bases de lo que será el cuarto paradigma de la historia de la ingeniería.

3. Retos para la ingeniería del siglo XXI

“Mucho mejor es atreverse a empresas descomunales, para alcanzar gloriosos triunfos, aunque nos azote el fracaso, que alinearnos con esos espíritus pobres que nunca disfrutaron ni mucho sufren, porque viven en la penumbra gris que nada sabe ni de victorias ni de fracasos”

—Theodore Roosevelt, 26° Presidente de los Estados Unidos

De acuerdo a la Academia Nacional de Ingeniería de USA, los retos para la Ingeniería del Siglo XXI (National Academy of Engineering, 2008), son:

- Hacer económica la energía solar.
- Obtener energía de la fusión nuclear.
- Desarrollar métodos para fijar el CO₂.
- Controlar el ciclo del nitrógeno.
- Proporcionar acceso al agua potable.
- Restaurar y mejorar la infraestructura urbana.
- Avanzar en la informática aplicada a la salud.
- Desarrollar mejores medicinas.
- Hacer la ingeniería inversa del cerebro.
- Prevenir el terror nuclear.
- Asegurar el ciberespacio.
- Mejorar la realidad virtual.
- Avanzar en el aprendizaje personalizado.
- Propiciar herramientas para la investigación científica.

Se pueden considerar como tendencias o retos de la ingeniería, globalmente aceptados por la comunidad internacional, los siguientes (Valencia, et. al. 2012):

- Búsqueda de nuevas tecnologías.
- Diseño y producción de máquinas más precisas, eficientes y económicas, que minimicen el consumo de materiales y energía.
- Desarrollo de sistemas telemáticos de información eficientes, seguros y económicos.
- Desarrollo económico y efectivo de sistemas electrónicos de control y operación.
- Menor dependencia de la mano de obra.
- Energías renovables y sostenibilidad ambiental.
- Conocimiento, desarrollo y producción de nuevos materiales.
- Sistemas de medición más precisos, sencillos y accesibles a la sociedad.

Sin embargo, la escasez de ingenieros genera un riesgo para el desarrollo. En muchos países se está registrando una disminución del número de jóvenes que estudian ingeniería. Así lo refleja el primer informe internacional sobre el estado de la ingeniería publicado por la UNESCO (2010). En el estudio se señala que existe una necesidad global de que la ingeniería y su función de motor del desarrollo sean mejor entendidas por los encargados de la elaboración de políticas y el público en general.

4. La visión para la ingeniería civil en 2025 (asce, 2010)

“Es una gran profesión. Es la fascinación de contemplar cómo un producto de la imaginación emerge con la ayuda de la ciencia hasta plasmarse en un plano sobre el papel. Luego crea empleos y hogares... eleva los niveles de vida y se suma a las comodidades de la existencia. Ése es el alto privilegio del ingeniero.”

Herbert Hoover, ingeniero, humanista y 31° Presidente de los Estados Unidos.

Los participantes en la “Cumbre Sobre el Futuro de la Ingeniería Civil en 2025” (ASCE, 2010), contemplan un mundo muy diferente para los ingenieros civiles en 2025:

- Una población mundial en permanente crecimiento y que continúa desplazándose hacia las zonas urbanas que va a exigir la adopción generalizada de la sostenibilidad.
- Las demandas de energía, agua potable, aire limpio, eliminación segura de residuos y transporte van a impulsar la protección ambiental y el desarrollo de infraestructuras.
- La sociedad se va a enfrentar a amenazas crecientes como resultado de los acontecimientos naturales, de los accidentes y, quizá, de otras causas, como el terrorismo.

Con los problemas y oportunidades mencionados, la **VISIÓN GLOBAL** que, como aspiración, se desarrolló como resultado de la Cumbre es (ASCE, 2010):

“Con el mandato de la sociedad de crear un mundo sostenible y mejorar la calidad de vida global, los ingenieros civiles sirven de manera competente, colaborativa y ética como:

- *Planificadores, diseñadores, constructores y operarios del motor económico y social de la sociedad: el medio ambiente construido.*
- *Custodios del medio ambiente natural y sus recursos.*
- *Innovadores e integradores de ideas y tecnología en los sectores público, privado y académico.*
- *Gestores de los riesgos y las incertidumbres causados por acontecimientos naturales, accidentes y otras amenazas.*
- *Líderes en debates y decisiones que conforman la política pública ambiental y de infraestructuras.”*

Para lograr lo anterior, en la Cumbre se definió los conocimientos, destrezas y actitudes que se deben garantizar en el futuro ingeniero civil (ASCE, 2010):

a. **El ingeniero civil posee conocimientos. Entiende las teorías, principios o fundamentos de:**

- *Matemáticas, física, química, biología, mecánica y materiales, que son la base de la ingeniería*
- *Diseño de estructuras, instalaciones y sistemas*
- *Riesgo/incertidumbre, como detección de riesgos, tipos y probabilidad basadas en datos y en conocimientos y estadística*
- *Sostenibilidad, en sus vertientes social, económica y física*
- *Política pública y Administración, incluidos elementos como el proceso político, leyes y regulaciones y mecanismos de financiación*

- *Rudimentos empresariales, como las formas jurídicas de la propiedad, beneficio, declaraciones de ingresos y balances, decisiones o economía y marketing de la ingeniería*
- *Ciencias sociales, incluidas económicas, historia y sociología*
- *Conducta ética, incluidas confidencialidad del cliente, códigos éticos dentro y fuera de las sociedades de ingeniería, prácticas anticorrupción y diferencias entre requisitos legales y expectativas éticas y la responsabilidad de la profesión de anteponer la seguridad, higiene y bienestar de la población*

b. El ingeniero civil está pleno de destrezas. Sabe cómo:

- *Aplicar instrumentos básicos de la ingeniería, como el análisis estadístico, los modelos informáticos, los códigos y normas de diseño y los métodos de supervisión de proyectos*
- *Aprender, evaluar y dominar las nuevas tecnologías con el fin de mejorar la efectividad y eficiencia individual y de la organización*
- *Colaborar en equipos tradicionales y virtuales de naturaleza intradisciplinar, interdisciplinar y multidisciplinar*
- *Gestionar tareas, proyectos y programas para ofrecer los resultados previstos, dentro del presupuesto, el calendario u otras limitaciones*
- *Liderar formulando y articulando mejoras ambientales, de infraestructuras y de otra índole y propiciar consensos aplicando la inclusión, la empatía, la compasión, la persuasión, la paciencia y el pensamiento crítico.*

c. El ingeniero civil abraza actitudes conducentes a una práctica profesional efectiva. Posee:

- *Creatividad y carácter emprendedor, lo que conduce a la identificación activa de posibilidades y oportunidades y la toma de acciones para desarrollarlas*
- *Compromiso con la ética, metas personales y de la organización y equipos y organizaciones que merecen la pena*
- *Curiosidad, que es la base para el aprendizaje continuo, los nuevos planteamientos, el desarrollo de nuevas tecnologías o aplicaciones innovadores de tecnologías existentes y nuevas iniciativas*
- *Honestidad e integridad, diciendo la verdad y manteniendo su palabra.*
- *Optimismo frente a los desafíos y reveses, reconociendo el poder inherente de la visión, el compromiso, la planificación, la tenacidad, la flexibilidad y el trabajo en equipo.*
- *Respeto y tolerancia de los derechos, valores, opiniones, propiedad, posesiones y sensibilidades de los demás*
- *Minuciosidad y autodisciplina en la preservación de las implicaciones de seguridad, higiene y bienestar de la población en los proyectos de ingeniería y el alto grado de interdependencia dentro de los equipos de proyecto y entre los equipos y las partes interesadas*

5. Potencialidades y retos de Colombia

La pobreza y la desigualdad tienen directa relación con las dificultades en el acceso a la educación y en los bajos resultados educativos de las personas menos favorecidas. El acceso al conocimiento científico y matemático, al manejo tecnológico e informático, y al dominio fluido, de al menos un segundo idioma, garantiza mejores posibilidades de empleo y de ascender en la escala social. Cada vez es más ampliamente aceptado que se necesita contar con políticas educacionales eficaces y eficientes para disminuir un poco la desigualdad social.

La ingeniería tiene hoy conocimientos y herramientas más que suficientes para resolver los problemas de infraestructuras y desarrollo de los países más pobres. El uso de tecnologías de avanzada y la formación orientada a la capacitación en tecnología son el camino seguro al crecimiento económico y de la competitividad. Formar una sólida estructura de personas con formación tecnológica no sólo aporta la base para que los emprendedores locales desarrollen sus propios negocios sino que en parte atrae inversiones de compañías multinacionales. Además, “se requiere capacidad científica y tecnológica local para asegurar que los fondos de ayuda externa sean efectiva y eficientemente utilizados: para la implementación inicial de los proyectos; para su operatividad y mantenimiento a largo plazo y para el desarrollo de las capacidades necesarias para concebir nuevos proyectos... Un abordaje desde la Ingeniería sirve para reducir la fuga de cerebros, demostrando a la gente que pueden asociarse con naciones donantes para ayudar a construir sus propios países” (Russel C. Jones, Presidente, FMOI: Federación Mundial de Organizaciones de Ingenieros).

Colombia, se encuentra hoy frente a una realidad optimista, con una economía estable, en el inicio de una nueva etapa histórica de disminución de la violencia, con ventajas naturales como son su posición geopolítica privilegiada, sus recursos naturales, sus abundantes fuentes de energías renovables, su biodiversidad; sumado esto a las condiciones actuales del concierto mundial (nuevo rol de los países en desarrollo, desplazamiento de la manufactura, transformación productiva), son, definitivamente, una gran una oportunidad que trae consigo nuevos retos, y que nos obliga a repensar la estrategia de crecimiento con estrategias claras de vinculación Universidad-Empresa-Estado-Sociedad.

La adopción de políticas de apoyo a la innovación y educación han jugado un papel importante en el desarrollo de algunas regiones del mundo, como es el caso de países del este asiático. Aunque existen importantes diferencias en cada caso particular, se pueden identificar lineamientos comunes con nuestra región. Algo común en los casos exitosos es que han adoptado un enfoque sistémico, que promueven la cooperación y coordinación entre las diferentes entidades responsables del proceso de innovación. Esto implica no solamente el desarrollo de sistemas regionales de innovación, con la coordinación de gobierno, universidades, entes de investigación, y sector privado, sino también un énfasis en el rol que desempeñan los clusters productivos. Ejemplos en otras latitudes demuestran que, si durante un período prolongado de tiempo se mantiene un ambiente de políticas consistentes y predecibles, pequeñas economías, con recursos públicos limitados, pueden orientar exitosamente su política en clusters industriales específicos, previamente identificados por sus evidentes ventajas comparativas.

6. Tendencias para la formación de ingenieros - un ingeniero para sociedad del conocimiento

Se debe construir un nuevo paradigma para el ingeniero de la “SOCIEDAD DEL CONOCIMIENTO”, lo que implica, por supuesto también, un cambio en el paradigma tradicional de la formación de ingenieros.

Con el fin de promover en los países en desarrollo la creación de condiciones humanas e institucionales óptimas para la disminución de la pobreza y el desarrollo sostenible de la economía y las condiciones sociales, la UNESCO en el 2003 creó el programa “*Ingeniería para un Mundo Mejor*”, que busca el fortalecimiento de la enseñanza de la Ingeniería, entrenamiento y desarrollo profesional continuo, mediante: estándares, aseguramiento de calidad y acreditación; desarrollo curricular, materiales y métodos de enseñanza y aprendizaje; promoción de la educación a distancia e interactiva (incluyendo universidades y bibliotecas virtuales); desarrollo de una ética de la ingeniería y códigos para su ejercicio; promoción y conocimiento público de la ingeniería y la tecnología; desarrollo de sistemas de indicadores derivados de las líneas estratégicas definidas en el plan de desarrollo de la educación superior del país y de la universidad, sistemas de información y de comunicación para la ingeniería; referencia a temas genéricos de la ingeniería y la tecnología; cooperación interuniversitaria e institucional; y desarrollo de políticas y planes de apoyo a lo anterior .

El desarrollo vertiginoso de la ciencia y de las tecnologías de la información y las telecomunicaciones (TIC) a escala global, generan opciones diferentes de oferta educativa que amplían los conceptos de enseñanza aprendizaje tanto a distancia como presencial, haciendo posible el acceso a la educación a muchas más personas. La implementación de las TIC en la enseñanza aporta estrategias para la aplicabilidad de los conceptos, propicia la autogestión, autodisciplina y aprendizaje autónomo, necesario en las dinámicas contemporáneas de aprendizaje. Además, ha posibilitado reflexionar e impulsar mecanismos de evaluación continua de métodos y didácticas complementarias a las tradicionales, para propiciar el estudio, el aprendizaje permanente y continuo, y la creación de un ritmo y una disciplina de trabajo por parte de los estudiantes, que cada vez más impacta al modelo presencial y abre nuevas posibilidades para llegar con programas de pregrado y posgrado a las regiones de nuestro departamento.

Adicionalmente, la relación internacional se convierte cada vez más en un elemento estratégico que apalanca y permite elevar la calidad y pertinencia de los programas de educación superior; contribuye a dar mayor profundidad a los contenidos académicos; facilita el conocimiento y la introducción de métodos innovadores en la estructuración de los currículos y las formas de enseñanza; y permite la formación de nuestros ingenieros en el marco de la globalidad y la sociedad del conocimiento.

En resumen, el nuevo paradigma para la formación de ingenieros debe considerar los siguientes aspectos:

- Nuevas formas de enseñanza de la ingeniería y nuevas aulas de clase.
- Estudiante autogestor del conocimiento: aprendizaje efectivo.

- Habilidades integradoras y de grupo que se integran en el currículum de la formación permanente.
- Entendimiento de que la práctica de la ingeniería es global.
- Perspectiva interdisciplinar.
- Apreciación de las diferentes culturas y prácticas comerciales.
- La ética como piedra angular.
- Habilidades de comunicación.

Y lograr así ingenieros para el SIGLO XXI, **para la sociedad del conocimiento:**

- Innovadores e integradores
- Líderes que ayudan a desarrollar y aplicar las nuevas tecnologías para crear las ventajas competitivas correspondientes.
- Que poseen la educación, formación y dotación para estar en la vanguardia de la adaptación e integración de estas nuevas tecnologías tanto en el diseño como en la construcción.
- Que reconocen que ya no sirve mirar la construcción con un enfoque estrecho. Su mirada ha de ser polifacética, multidisciplinar y holística.
- Que han estado en el frente de la lucha contra la corrupción.

Referencias

- ASCE (American Society of Civil Engineers). Basada en “*La Cumbre sobre el Futuro de la Ingeniería Civil en 2025*”, 21 y 22 de junio de 2006., Reston, Virginia 2010
- National Academy of Engineering, “*Grand Challenges for Engineering*”, Washington, 2008.
- UNESCO. Engineering: Issues, Challenges and Opportunities for Development. UNESCO Report. Foreword by Irina Bokova, Director-General of UNESCO. UNESCO Reference Works series. 2010, 978-92-3-104156-3.
- Valencia, D., “*Crisis y futuro de la ingeniería*”. *Facultad de Ingeniería. Universidad de Antioquia, Colombia. Ingeniería y Sociedad, número 1, 2010: 1-6.*
- Valencia, A., Carrillo, O. Aedo, J. “*Las tendencias en la ingeniería*”. *Facultad de Ingeniería. Universidad de Antioquia, Colombia. Ingeniería y Sociedad, número 4, 2012: 29-31*