

**Secretaría de Educación Pública
Subsecretaría de Educación Superior
Comisión Técnica Consultiva de Ingeniería de la
Dirección General de Profesiones**

**Propuesta de Modelo de Formación
para los Ingenieros Mexicanos.**

Participantes

Dr. Jaime Arturo Castillo Elizondo

Asociación Nacional de Facultades y Escuelas de Ingeniería y Universidad Autónoma de Nuevo León

Ing. María Elena Barrera Bustillos

Consejo de Acreditación de Enseñanza de la Ingeniería

Dr. Arturo Torres Bugdud

Asociación Nacional de Facultades y Escuelas de Ingeniería y Universidad Autónoma de Nuevo León

Mtra. Luz María Solís Segura

Centro Nacional de Evaluación para la Educación Superior

Ing. Eloin Alarcón Maldonado

Centro Nacional de Evaluación para la Educación Superior

Dr. Carlos Pelayo Ortiz

Universidad de Guadalajara

Ing. Edmundo Barrera Monsiváis

Universidad La Salle

M.I.E. Mara Grassiel Acosta González

Tecnológico Nacional de México

Ing. Alfonso Ramírez Lavín

Alianza FiiDEM

Ing. Mario Páez Bernal

Alianza FiiDEM

Ing. Rubén Espinosa Mejía

Federación de Colegios de Ingenieros Civiles de la República Mexicana

Gral. Samuel Moisés Jiménez Migueles

Colegio de Ingenieros Militares

Dr. Félix Orlando Martínez Ríos

Universidad Panamericana

Dr. Luis Enrique Noreña Franco

Universidad Autónoma Metropolitana

Mtro. Santiago Argelio Cisneros Alonso

Colegio de Ingenieros Químicos y de Químicos

Propuesta de Modelo de Formación para los ingenieros mexicanos

I. Introducción

En México, la formación de profesionales de la ingeniería está estrechamente vinculada al desarrollo económico del país, más aún con la aprobación de reformas trascendentes como la energética y de telecomunicaciones, en las cuales la visión y formación de los ingenieros cobra especial importancia para garantizar los resultados deseables para el país. Es decir, en un mundo globalizado es relevante identificar y definir las competencias mínimas que se deben desarrollar en los procesos de formación de ingenieros a la luz de contextos y retos de apertura económica, política y social.

La formación de ingenieros en nuestro país se realiza en numerosas instituciones públicas y privadas, con orientaciones y rasgos diferenciados; adicionalmente, los perfiles se definen en ámbitos nacionales o de manera autónoma, propiciando una atomización de los mismos. Esto ha generado la creación de programas educativos de ingeniería que no garantizan la formación de un “ingeniero”; es decir, aunque la propuesta lo define como un programa de ingeniería, en la formación en los estudiantes no se desarrollan las competencias propias de un ingeniero definidas internacionalmente; situación que es preocupante para el país.

El crecimiento en la matrícula de las carreras de ingeniería ha alcanzado casi el millón de estudiantes matriculados (matrícula superior a Estados Unidos de América, Japón y la Unión Europea); pero en su conjunto se observan rasgos que presentan retos y oportunidades para la educación superior en este ámbito. Los principales aspectos se identifican en los diagnósticos realizados por el Consejo de Acreditación de la Enseñanza de la Ingeniería (2014) y éstos son:

- Atomización de los programas de ingeniería con definiciones diferentes (actualmente existen 916 denominaciones y 5,658 programas distintos).
- Heterogeneidad de perfiles y modelos de formación.
- Baja eficiencia terminal en los programas educativos y alta reprobación en ciencias básicas.
- Crecimiento de la matrícula de ingeniería en carreras NO tradicionales y disminución de la matrícula en ingenierías fundamentales para el desarrollo económico del país. Es decir, la matrícula tiene ya importantes avances en nuevas carreras dominantes por el asentamiento de empresas en áreas importantes insertas en distintas regiones como son:
 - Ingenierías en computación, software, robótica e informática;
 - Ingeniería en mecatrónica;

- Ingeniería en gestión empresarial; e
- Ingeniería en petróleo o energía;
- Ingeniería automotriz, ingeniería biomédica e ingeniería en aeronáutica, por mencionar las más relevantes.

Un elemento importante asociado a la calidad es que del total de programas de ingeniería sólo el 18% han sido acreditados, pero es importante resaltar que este porcentaje corresponde al 43% de la matrícula total (CACEI, 2015).

Un segundo elemento identificado en los programas de ingeniería es que en los procesos de formación de ingenieros aún es incipiente la vinculación con el sector productivo y el desarrollo de competencias en escenarios reales de aprendizaje. Esto se observa dado que un porcentaje representativo de los programas no incluye las prácticas profesionales de los estudiantes durante su formación. Sólo se contempla el servicio social con un corte más de atención a problemas sociales; pero desvinculado de la ingeniería. Asimismo, los estudios con empleadores identifican un limitado conocimiento de los estudiantes de las técnicas, procedimientos y equipamiento que las prácticas actuales de la ingeniería requieren en el sector productivo.

Un tercer elemento identificado tiene que ver con la estructura de los planes de estudio; es decir, la formación de ingenieros a nivel mundial requiere de una sólida formación en ciencias básicas y ciencias de la ingeniería. Sin embargo, se ha autorizado la creación y desarrollo de programas educativos de ingeniería sin considerar estos elementos, en demérito de la formación que obtienen los egresados para su ejercicio profesional y, por ende, la empleabilidad.

II. Marco de referencia

La ingeniería es la actividad humana que tiene como finalidad dar soluciones a diferentes problemas al hacer uso de conocimientos científicos y tecnológicos y de la creatividad o ingenio de los que la ejercen; por lo tanto, un ingeniero es un profesional con vocación creativa y e interés por aportar soluciones tecnológicas o por mejorar las ya existentes y que se ha preparado dentro y fuera de los centros de educación de ingeniería para potenciar sus habilidades y conocimientos y así lograr mejores resultados.

La ingeniería es una profesión orientada hacia la aplicación competente de un cuerpo distintivo de conocimientos, basado en matemáticas, las ciencias naturales y la tecnología, integrado con la gestión empresarial, que se adquiere mediante la educación y formación profesional en una o más especialidades del ámbito de la ingeniería. (Qualitas, 2014).

Un ingeniero analiza y reflexiona en qué situaciones cotidianas (fuera y dentro de contextos laborables) tiene lugar el diseño, la implantación y la operación de artefactos, sistemas, procesos y ambientes para resolver problemas que favorezcan el desarrollo social, tecnológico y científico, con responsabilidad al medio ambiente y criterios éticos (ACOFI, 2013).

Su objeto de estudio es la resolución de problemas y el aporte a la generación de conocimiento o desarrollo tecnológico, en contextos y situaciones disciplinares que requieran de la concepción, el diseño, la implantación y la operación de artefactos (maquinaria y herramientas), sistemas, procesos y ambientes de trabajo, con base en los conocimientos de la ciencia, las matemáticas, la tecnología y la ingeniería; y la capacidad innovadora e inventiva del profesional, considerando las condiciones ambientales, económicas, sociales, culturales, financieras, éticas, del entorno y de seguridad, con el fin de promover la productividad y la competitividad de las organizaciones y la mejora de la calidad de vida de la sociedad ACOFI-WEEF TM, 2013.

Un ingeniero, como conclusión del grupo de lo revisado, es un profesional formado para:

- Identificar, formular y resolver problemas relacionados con el desarrollo y bienestar social al transformar el conocimiento científico y tecnológico en una solución práctica y viable desde una perspectiva sustentable, de acuerdo con las necesidades de los mercados locales, regionales y globales;
- Desarrollar, actualizar y aplicar un pensamiento crítico, teórica y técnicamente sólido, con amplio manejo y dominio de la matemática, la física y las ciencias experimentales afines;
- Diseñar, construir y mejorar sistemas o productos útiles para la sociedad de una forma eficaz, eficiente, segura para la vida y para el medio ambiente; y
- Tener una visión holística de su función social, que se traduzca en una mentalidad y actitud integradora que procure el equilibrio entre la generación del conocimiento, así como la adecuada gestión y administración del mismo.

El ingeniero debe resolver problemas tecnológicos de manera innovadora y, para hacerlo de manera eficiente, debe tener experiencia emprendedora; debe saber trabajar en equipos colaborativos, actualizarse permanentemente, manejar las TIC, comunicarse en forma oral y escrita, manejar, por lo menos, una lengua extranjera, trabajar con principios éticos, etc.; aunque estos aspectos no son exclusivos de los ingenieros.

En el mundo globalizado y la sociedad del conocimiento, un ingeniero es un profesional con visión holística, mentalmente flexible y con pensamiento crítico, teórica y técnicamente sólido, con amplio manejo y dominio de las matemáticas, la física y otras ciencias, capaz de adaptarse a diferentes entornos socioculturales, de transformar el conocimiento en algo práctico y

relacionarlo con los problemas de los mercados globalizados desde una perspectiva sustentable, con iniciativa, disposición y liderazgo para conducir grupos (Rascón, 2006).

Las competencias y habilidades deseables para la formación de ingenieros son de dos tipos: genéricas y específicas.

Las competencias genéricas deseables son:

- Movilizar y coordinar recursos humanos;
- Tener un sentido de responsabilidad social y ética;
- Comprender los impactos de los proyectos de ingeniería en contextos globales y sociales;
- Tener una actitud para aprender a lo largo de toda la carrera profesional y la vida;
- Habilidad para trabajar en proyectos multidisciplinarios;
- Habilidad de comunicación oral y escrita, incluida la habilidad de redactar reportes con claridad;
- Dominar otra lengua, además de la materna; y
- Habilidad para proveer consideraciones ambientales.

Las competencias específicas debieran ser:

- Desarrollar un enfoque sistémico aplicado a necesidades específicas del campo de la ingeniería;
- Aplicar los conocimientos de matemática, ciencia, informática e ingeniería en la resolución de problemas de ingeniería;
- Utilizar las relaciones industriales y principios de administración en la atención de las necesidades y problemas de ingeniería, teniendo en cuenta consideraciones técnicas, financieras y humanas;
- Generar juicios técnicos en forma independiente a través del análisis científico y la síntesis;
- Diseñar y realizar experimentos;
- Contar con un alto nivel de actualización con necesidad continua no sólo de la práctica establecida, sino del cultivo de actividades de innovación y creatividad en la práctica de ingeniería con activa apreciación del progreso y del cambio tecnológico;
- Diagnosticar, formular y solucionar problemas de ingeniería;
- Habilidad para desarrollar y usar un modelo teórico, con el cual se pueda predecir el comportamiento del mundo físico;

- Utilizar técnicas de información y estadística, herramientas y tecnologías modernas del campo de la ingeniería en el diseño de soluciones tecnológicas;
- Aplicar los principios del diseño, en el interés de la manufactura y el mantenimiento, calidad y costo económico de un producto; y
- Evaluar el conflicto y una variedad de factores (calidad, costo, seguridad, riesgo, etc.), ambos en el corto y mediano plazo, para encontrar la mejor solución de ingeniería.

Un ingeniero resuelve problemas y propone soluciones que implican el uso de la ciencia y la tecnología. Un buen ingeniero aplica sus habilidades y conocimientos para aportar soluciones eficientes, económicas y respetuosas de la naturaleza y de las personas. Las funciones principales de un ingeniero son:

- Concebir, diseñar y desarrollar proyectos, sistemas, procesos y productos, que implican el uso de la ciencia y la tecnología con conciencia de las implicaciones sociales, ecológicas y éticas para aportar soluciones eficientes, económicas, seguras y respetuosas de la naturaleza y de las personas;
- Planificar, gestionar, administrar y controlar proyectos y procesos y evaluar e interpretar los resultados;
- Proponer y definir metodologías, mecanismos y estrategias de mejora continua en favor de la optimización de recursos y el acercamiento de beneficios a la sociedad;
- Manejar de manera óptima herramientas y recursos y contribuir a la generación de riqueza y prosperidad a través de la innovación; y
- Fungir como mediador entre la ciencia y las estructuras productivas.

En el campo laboral de los ingenieros se encuentran dos grandes vertientes: ingenieros de diseño e ingenieros de gestión. Los primeros dedican su conocimiento y talento a buscar cómo hacer mejor las cosas, a innovar, desarrollar, solucionar problemas y generar. Los segundos dedican su conocimiento y experiencia a dirigir proyectos, personas, equipos de trabajo y empresas, es decir, hacer que las cosas pasen.

Las tendencias en la formación de un ingeniero indican que se deben considerar las siguientes características:

- Iniciar con una formación desde el bachillerato en ciencias exactas para continuar su formación profesional en ciencias exactas más amplias y profundas que finquen las bases para el estudio posterior de las ciencias propias de la ingeniería y culminar el estudio de las ciencias de ingeniería aplicada;

- Abarcar al menos cuatro dimensiones: la dimensión académica (técnica, ética y administrativa), la dimensión humana (la formación y conciencia social de la persona), la dimensión cultural (el gusto por el arte y lo estético) y la dimensión física (la intencionalidad por su salud y el equilibrio mente-cuerpo-espíritu);
- Desarrollarse en ambientes de aprendizaje significativos, con modalidades educativas flexibles, apoyadas con el uso de tecnologías convergentes; e
- Impartirse en IES de alta calidad académica, con una fuerte y actualizada infraestructura en las tecnologías de vanguardia; además de un profesorado profesionalizado y orientado a resultados.

La formación de ingenieros tiene un contexto mundial que orienta el diseño de los procesos de formación. Desde hace más de 60 años, *El Reporte Grinter* (1954) establece que en la formación de ingenieros se deben cuidar los siguientes aspectos en las propuestas curriculares:

- Fortalecer la formación en ciencias básicas (matemáticas, física y química);
- Identificar e incluir en los programas educativos las ciencias de la ingeniería;
- Propiciar el análisis y diseño en ingeniería que estimule el pensamiento creativo y la imaginación, haciendo uso de las ciencias básicas y las ciencias de la ingeniería;
- Integrar y fortalecer las humanidades y las ciencias sociales;
- Mejorar la habilidad oral y escrita y la comunicación gráfica de ideas;
- Estimular la experimentación, e
- Incluir materias optativas.

Propone que la distribución de créditos sea:

- 25% en ciencias básicas (física, química y matemáticas);
- 20% en ciencias sociales y humanidades (Economía, Gobierno, Sociología, Filosofía, Legislación, entre otras);
- 5% en ciencias económico administrativas (Contabilidad, Administración, Mercadotecnia y Finanzas);
- 25% en Diseño de Ingeniería (análisis, síntesis, creatividad, innovación, generación de ideas, resolución de problemas de la especialidad, etc.); y
- 25% en Ciencias de la ingeniería (mecánica, transferencia de materia y energía, termodinámica, propiedades de los materiales, etc.).

La UNESCO (2010) propone que la formación de ingenieros se sustente en:

- Una sólida formación básica en física, química y matemáticas;

- Una fuerte formación científico-técnica;
- El desarrollo de la capacidad de autoaprendizaje;
- La capacidad para el trabajo en equipo con grupos heterogéneos y multidisciplinarios;
- El dominio de las TIC;
- Sólida ética profesional y vocación de servicio;
- Facilidad de comunicación en español y otro idioma, de preferencia inglés;
- Contar con una mentalidad prospectiva, anticipadora e innovadora;
- Tener capacidad para adaptarse a diferentes ambientes laborales;
- Ser sensible a las necesidades de su región, pero abierto a corrientes globales; y
- Estar la formación más orientada al diseño que a la producción; y con una visión clara sobre la sustentabilidad y la manera cómo la ingeniería incide en ésta.

Recomienda que en la formación se prioricen los siguientes atributos:

- Creatividad y espíritu innovador;
- Sentido de competitividad;
- Hábito permanente de auto-aprendizaje;
- Capacidad de comunicación;
- Espíritu crítico;
- Formación multi e interdisciplinaria;
- Flexibilidad en el ejercicio profesional;
- Curiosidad por la vida; y
- Formación ética y respeto al medio ambiente.

Por otra parte, la Federación Europea de Asociaciones Nacionales de Ingeniería (1990) describe que la competencia en ingeniería se debe caracterizar por:

- La comprensión de la profesión de ingeniero y de la responsabilidad con colegas, empleados o clientes, con la comunidad y con el ambiente;
- Un profundo conocimiento de los principios de ingeniería apropiados a cada disciplina, basados en matemáticas, física e informática;
- El conocimiento general de la buena práctica de ingeniería en un campo particular, y de las propiedades, comportamiento, fabricación y uso de materiales, componentes y software;
- El uso de tecnologías relevantes en campos específicos de especialización;
- El uso de técnicas de información y estadística;

- La habilidad para desarrollar y usar un modelo teórico con el cual se pueda predecir el comportamiento del mundo físico;
- La capacidad para llegar a un juicio técnico en forma independiente a través del análisis científico y la síntesis;
- La habilidad para trabajar en proyectos multidisciplinarios;
- conocimientos de relaciones industriales y principios de administración, teniendo en cuenta consideraciones técnicas, financieras y humanas;
- La habilidad de comunicación oral y escrita, incluida la habilidad de redactar reportes con claridad;
- La habilidad para aplicar los principios de diseño, en el interés de la manufactura y el mantenimiento, calidad y costo económico de un producto;
- Una activa apreciación del progreso y cambio tecnológico y la necesidad continua no sólo de la práctica establecida, sino del cultivo de actividades de innovación y creatividad en la práctica de la ingeniería;
- La habilidad para evaluar el conflicto y una variedad de factores (calidad, costo, seguridad, etc.) ambos en el corto y mediano plazo, encontrando la mejor solución de ingeniería;
- La habilidad para proveer consideraciones ambientales;
- La capacidad de movilizar recursos humanos; y
- El dominio de otra lengua además de la materna.

Por otro lado, *The American Society for Engineering Education* (NSF, ASEE, 2013) establece que la formación de ingenieros se debe sustentar en:

- Lograr altos estándares éticos, integridad y responsabilidad social, global, intelectual y tecnológica en el ejercicio profesional;
- Desarrollar el pensamiento crítico;
- Desarrollar una voluntad para tomar riesgos calculados;
- Lograr el desarrollo de habilidades para priorizar eficientemente, para administrar proyectos (planear, supervisar, ejecutar, organizar, evaluar) y para el trabajo en equipo y para desempeñarse en equipos multidisciplinarios; y
- Desarrollar el emprendimiento y la innovación.

Por otro lado, el organismo acreditador de ingeniería más antiguo en Estados Unidos de América, *The Accreditation Board for Engineering and Technology* (ABET 2014), señala que en la formación de ingenieros se deben desarrollar 11 conocimientos y habilidades. Éstos son:

- Habilidad para aplicar conocimientos de matemáticas y ciencias en problemas de ingeniería;
- Habilidad para diseñar y conducir experimentos;
- Habilidad para diseñar un sistema;
- Habilidad para usar técnicas y herramientas modernas de ingeniería necesarias para la práctica de la profesión;
- Habilidad para desempeñarse en equipos multidisciplinarios;
- Habilidad para identificar, formular y resolver problemas de ingeniería;
- Habilidad para comunicarse efectivamente;
- Entendimiento de la responsabilidad profesional y ética;
- Amplia educación necesaria para entender el impacto de las soluciones de ingeniería en un contexto global, económico, ambiental y social;
- Reconocimiento de la necesidad y habilidad para mantener un aprendizaje continuo; y
- Conocimiento de asuntos contemporáneos.

Los programas de ingeniería, según ABET, deben tener, al menos:

- Una formación de un año en ciencias básicas incluyendo matemáticas, física y química (1/4 de los créditos);
- Un año y medio de tópicos de ingeniería, ciencias de la ingeniería y el diseño apropiadas al campo de estudio;
- Una educación general que complete el contenido técnico; y
- Una sólida formación en ingeniería aplicada.

Estos rasgos son coincidentes con los organismos acreditadores incorporados al *Washington Accord* y compartidos por la mayoría de éstos.

La Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI, 2010) describe:

Un ingeniero:

- Proyecta, fabrica, opera, mantiene y renueva sistemas, procesos, ambientes y artefactos, aplicando la ciencia y la tecnología en la solución de problemas complejos para satisfacer las necesidades y demandas de desarrollo y sociales.
- Trabaja con efectividad en equipos multidisciplinarios y multilingües, a partir de la construcción de metas comunes para el entendimiento interpersonal y la adaptación a los cambios sociales, técnicos y científicos;

- Formula y ejecuta proyectos empresariales que aumenten los niveles de productividad de la región, demostrando visión estratégica, iniciativa y espíritu emprendedor;
- Genera acciones que impacten positivamente a la sociedad y el medio ambiente y contribuyan al desarrollo sostenible;
- Actúa con ética en el desempeño cotidiano, demostrando comprensión y cumplimiento de reglas y normas en el ámbito personal y profesional.
- Comprende y domina leyes, normas y fundamentos científicos y tecnológicos con el fin de evaluar e intervenir contextos de actuación de acuerdo a requerimientos establecidos; y
- Aplica procesos lógicos, abstractos y de interpretación simbólica, de acuerdo a las condiciones y necesidades de los contextos laborales, evidenciando disposición para el aprendizaje y la actualización permanente.

En síntesis, esta revisión de la literatura demuestra una amplia coincidencia en los rasgos y características definidas para la formación de ingenieros a nivel internacional.

III. Metodología para el trabajo

El grupo de trabajo se planteó, desde un inicio, tres objetivos claves:

- Definir qué es un ingeniero, qué funciones desarrolla y cómo se forma considerando las tendencias mundiales;
- Identificar las problemáticas actuales en la formación de ingenieros; y
- Proponer un modelo para la formación de ingenieros mexicanos.

Para el logro del primer objetivo se hizo una revisión de la literatura, se analizaron estudios relevantes asociados a la pertinencia y los resultados de la formación de ingenieros; así como los modelos y resultados de la acreditación y evaluación de los programas de ingeniería.

Como resultado se llegó al siguiente consenso:

“Un ingeniero es el profesional capaz de transformar los recursos naturales para diseñar y construir sistemas o productos útiles para la sociedad de una forma económicamente óptima, ágil, segura y sin dañar al medio ambiente”.

¿Qué hace un ingeniero?

Su función principal transformar y realizar diseños o desarrollar soluciones tecnológicas que den respuesta óptima y útil a necesidades sociales, industriales o económicas. Para ello, el ingeniero debe identificar y comprender los obstáculos más importantes para poder realizar un

buen diseño, siendo algunos de dichos obstáculos los recursos disponibles, las limitaciones físicas o técnicas, la flexibilidad para futuras modificaciones y adiciones y otros factores como el costo, la viabilidad, las prestaciones y las consideraciones estéticas, comerciales y ambientales.

Los ingenieros utilizan el conocimiento de la ciencia, la matemática, la experiencia y su ingenio para encontrar las mejores soluciones a los problemas concretos, para crear los modelos matemáticos apropiados a los mismos, que les permitan analizarlos rigurosamente y probar las soluciones potenciales. Si existen múltiples soluciones razonables, los ingenieros evalúan las diferentes opciones de diseño sobre la base de sus cualidades y eligen la solución que satisfaga mejor las necesidades planteadas.

Los ingenieros, antes de proceder a la producción en cadena, deben probar si sus diseños logran sus objetivos, por lo que emplean entre otras cosas prototipos, modelos a escala, simulaciones, pruebas destructivas y pruebas no destructivas.

Los ingenieros deben asumir su responsabilidad profesional para producir diseños que no causen un daño inesperado a la gente en general ni al medio ambiente; por lo que los ingenieros incluyen un factor de seguridad en sus diseños para reducir el riesgo de fallos inesperados.

Si bien los científicos trabajan con la ciencia y los ingenieros con la tecnología, puede haber puntos de contacto entre la ciencia y la ingeniería. No es raro que los científicos se vean implicados en las aplicaciones prácticas de sus descubrimientos. De modo análogo, durante el proceso de desarrollo de la tecnología, los ingenieros se encuentran a veces explorando nuevos fenómenos.

En resumen, los ingenieros tienen como función principal hallar soluciones a problemas mediante herramientas tecnológicas y científicas; por lo que el ingeniero debe tener una gran capacidad visual espacial para realizar distintas cosas y hacer uso del ingenio que le caracteriza.

¿Cómo se hace un ingeniero?

Un ingeniero debe tener una formación sólida en las ciencias básicas (matemáticas, física y química) que darán el soporte a la integración de conocimientos en los fundamentos de alguna de las diversas ramas de la ingeniería (civil, mecánica, eléctrica, industrial, química, entre otras), para después aplicarlos a problemas reales y proponer alternativas diversas de solución, adaptándose a las condiciones de cualquier tipo, siempre bajo la premisa de operación con seguridad para las personas y el cuidado al medio ambiente.

En relación al objetivo dos, se identificaron las problemáticas asociadas a la formación de los ingenieros, siendo las más relevantes:

- Formación heterogénea en ciencias básicas y con enfoques distintos pero que inciden en una alta reprobación y baja eficiencia terminal.
- Duración heterogénea de la formación de ocho a 20 semestres de duración.
- Prevalecen dos orientaciones en la formación, una de corte tecnológico asociado a la innovación y al desarrollo vinculado a la resolución de problemas del sector de incidencia; y otra, asociada a un ingeniero de corte científico con orientación hacia el desarrollo científico de la profesión de ingeniería.
- Atomización de perfiles de las carreras; lo que dificulta una concepción clara por parte de los estudiantes y de los sectores productivo y social de las competencias que los distinguen en el perfil de egreso.
- Limitada vinculación entre la teoría y la práctica en los esquemas de formación.
- Competencias limitadas en las habilidades que distinguen a la ingeniería.
- Falta de competencias de gestión y económicas para desarrollar problemas de ingeniería.
- Heterogeneidad en los modelos de asignación de créditos que impactan en la movilidad y reconocimiento de formaciones.
- Limitada formación en competencias genéricas indispensables: comunicación, resolución de problemas, manejo de una segunda lengua, trabajo interdisciplinario, *emprendedurismo*, entre otras.
- Limitada participación del sector productivo, colegios, asociaciones de profesionales, egresados y empleadores en la revisión, actualización y diseño de los programas educativos.

Para dar respuesta al objetivo tres, la metodología seguida consistió en una discusión grupal de expertos considerando como marco de referencia la literatura revisada, así como las opiniones y experiencias de los distintos actores. Como resultado se propone que los programas educativos de ingeniería deben incluir los siguientes atributos:

- *Flexibilidad*, entendida cómo la factibilidad que tiene el estudiante de aprender en distintos momentos y ámbitos para adquirir las habilidades y conocimientos necesarios para el diseño, implantación, desarrollo y evaluación de proyectos de ingeniería;
- *Movilidad* para formarse en ámbitos no sólo de la escuela y su institución; sino para enriquecer su formación con experiencias exitosas del ámbito académico de otras instituciones nacionales, extranjeras o del sector productivo;
- Experiencia adquirida en su formación a través de las prácticas profesionales;

- Desarrollar la habilidad de liderazgo para promover la innovación y el cambio;
- Dotar de experiencias de aprendizaje significativas considerando el contexto de las problemáticas de la ingeniería;
- Desarrollar la creatividad, el *emprendedurismo* e innovación en su ejercicio; y
- Promover la capacidad de transformación de la calidad de vida.
- Garantizar la pertinencia de su currículo; es decir, sustentarse en estudios sólidos que incorporen la atención a las necesidades regionales, nacionales y globales, el impacto del avance científico y tecnológico a la profesión, las tendencias profesionales en la formación de ingenieros, así como el análisis del campo profesional actual y emergente.
- Hacer uso de estrategias de aprendizaje basadas en la resolución de problemas, el estudio de casos, el desarrollo de proyectos, la modelación, la simulación y la práctica en escenarios reales de aprendizaje y con una vinculación al entorno real, entre otros.
- Organizarse, respetando los modelos curricular y pedagógico institucionales, por lo menos, en cinco ejes:
 - **Ciencias básicas**, es decir, una sólida formación que abarque el conjunto de conocimientos y habilidades en torno al estudio de conceptos y soluciones teóricas de problemas relacionados con las ciencias básicas (matemáticas, física y química) y que forman en el estudiante las herramientas y habilidades matemáticas, lógico espaciales, de razonamiento, para predecir y analizar escenarios, para el análisis de datos así como para la comprensión de los fenómenos químicos y físicos que permiten el análisis y la resolución de problemas de ingeniería;
 - **Ciencias sociales y humanidades**, conjunto de disciplinas que analizan las manifestaciones de la sociedad, estudian el comportamiento de la sociedad y del individuo, que dotan al estudiante de los conocimientos y habilidades para tener una comprensión y análisis de cómo funcionan las cosas, el contexto y los individuos; y para generar el pensamiento ético, con responsabilidad social, preservador del ambiente y la sustentabilidad y conocedor del mundo globalizado y su desarrollo. Se busca que en este eje se desarrollen habilidades humanísticas, éticas, sociales e individuales que aborden el estudio de filosofías, teorías, conceptos y soluciones elementales enfocadas a la problemática social, humanística y económica del mundo actual y globalizado;
 - **Ciencias económico administrativas**, conjunto de conocimientos y habilidades de las disciplinas económicas y administrativas para comprender el impacto del entorno económico en los proyectos de ingeniería y planificar, gestionar, administrar y controlar proyectos y procesos así como evaluar e interpretar los resultados;
 - **Ciencias de la ingeniería**, conjunto de herramientas técnicas y metodológicas provenientes de distintas disciplinas que permiten la solución de problemas de

ingeniería básica y general y que requieren para su consecución el manejo adecuado de las ciencias básicas y de un entendimiento del contexto social, ético, económico y político del entorno; e

- **Ingeniería aplicada**, conjunto de conocimientos y habilidades que dotan al estudiante de las herramientas para identificar y resolver un problema especializado de ingeniería en el que tenga que hacer uso de los cuatro ejes anteriores en un entorno de competitividad, eficiencia y respeto de la ética y normas de la ingeniería.

Para esto es necesario tener un sistema común de créditos que permita y facilite la movilidad entre los programas educativos, dado que actualmente cada institución lo define para sus programas educativos; además, se debe buscar que en la asignación de créditos se consideren los esquemas internacionales adoptados.

- La asignación de créditos debe responder a las tendencias internacionales para los ejes mencionados, es decir:
 - Ciencias básicas, al menos, una cuarta parte del total de créditos;
 - Ciencias de la ingeniería; otra cuarta parte de los créditos;
 - Ingeniería aplicada, al menos la otra cuarta parte;
 - Ciencias sociales y humanidades; y
 - Ciencias económicas administrativas, la restante cuarta parte.
- Se propone un modelo de formación descrito en la siguiente figura 1, CB donde corresponden a las ciencias básicas, CSHE, son las ciencias sociales, humanidades y económico administrativas CI, corresponden a las ciencias de la ingeniería y CIA, a ingeniería aplicada. Este modelo propuesto se enriquece de cuatro ejes: valores, soporte, competencias y conocimientos, en un marco de interculturalidad, flexibilidad educativa, liderazgo y vinculación mediante prácticas profesionales y ambientes de aprendizaje significativos y pertinentes.

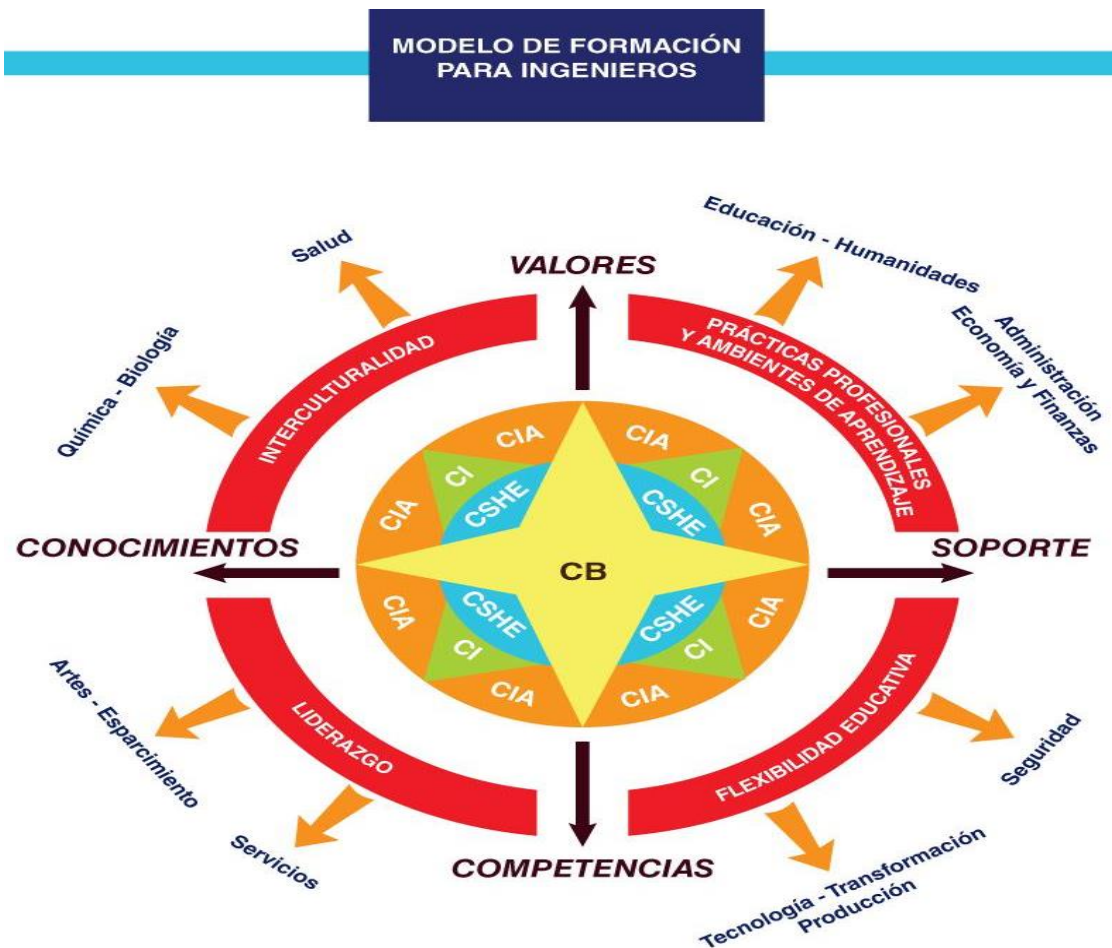


Figura1. Propuesta de Modelo de Formación para Ingenieros Mexicanos.

El Modelo propuesto señala que en el proceso de formación debe buscarse en los estudiantes la adopción de los valores universales e institucionales; se debe contar con un soporte sólido, pertinente y eficiente de los recursos humanos y contar con materiales, infraestructura y recursos necesarios para la operación del programa educativo; desarrollar la autoconciencia social, ecológica y de respeto, de auto-aprendizaje durante toda la vida así como de las habilidades interpersonales para el trabajo multidisciplinario y con seres humanos y por último dotarlo de las herramientas para el desarrollo y administración del conocimiento.

El Modelo es un diseño curricular integrado por las áreas o niveles de conocimiento (ciencias), que se interrelacionan entre sí. No se definen como etapas o estadías de formación; sino como ámbitos que se corresponden entre sí.

La formación debe enmarcarse por cinco ejes cardinales mencionados que permitan una formación integral del ingeniero; es decir sus Valores como insignia, sus Competencias como defensa, sus Conocimientos como base intelectual y los Soportes como sustento.

El Modelo se gestiona desde la institución a través de cuatro dimensiones: la interculturalidad o visión global, la flexibilidad educativa, el desarrollo de prácticas profesionales o la experiencia en otros ambientes de aprendizaje, y el liderazgo profesional.

Finalmente, el impacto de los ingenieros trasciende a los sectores productivos tanto públicos como privados hacia los ocho sectores: salud, ciencias químico-biológicas, educación y humanidades, ciencias económico administrativas, seguridad, transformación y productividad, servicios y arte y esparcimiento como se ilustra en el modelo.

- La ingeniería, se concibe como una profesión de riesgo social que tiene impacto en todos los ámbitos de la vida, razón por la cual su calidad es indispensable. Nuestra propuesta es considerar la garantía de la calidad de los estudiantes de ingeniería mediante la acreditación obligatoria de los programas educativos.

IV. Conclusiones

La ingeniería considerada como una profesión ligada al desarrollo de un país debe ser punta de lanza para el desarrollo e innovación del mismo, al impactar en la mejora de la calidad de vida del individuo y la sociedad.

La calidad de la formación de los ingenieros es una responsabilidad social de los mexicanos y, al ser una profesión de riesgo social como país, debemos estar atentos a que los profesionales formados en esta disciplina cumplan con los estándares de calidad necesarios para garantía de un ejercicio eficiente, pertinente y que conduzca al desarrollo e innovación de los distintos sectores. Por esa razón, es indispensable tener una respuesta a esta propuesta que surja del análisis de las distintas instancias de gobierno, educativas y sociales con la finalidad de que las IES promuevan y garanticen una formación de calidad de los ingenieros mexicanos con competencias globales que les permitan ser competitivos, no sólo a nivel nacional; sino en el ámbito internacional.

La educación es un elemento vital que todos los países están obligados a atender. La ingeniería está estrechamente vinculada al desarrollo científico y tecnológico; por esa razón debe estar atenta a los avances para dar respuestas pertinentes en la formación de ingenieros. Cabe mencionar que el sector productivo como resultado de la competitividad internacional ha

incorporado muchos de los avances y los desarrollos tecnológicos en sus organizaciones, sin embargo, la academia no lo ha realizado a la misma velocidad en los procesos de formación.

Es indispensable trabajar en la definición de un modelo educativo nacional, que tenga como cimiento principal la definición de las características de un programa educativo de buena calidad, que defina esquemas mínimos para la formación de ingenieros y que promueva la movilidad y reconocimiento de créditos con una clara concepción mundial.

V. Bibliografía consultada

- ABET (2014). *Accreditation criteria and supporting docs*. www.abet.org/accreditation-criteria
- Academia de Ingeniería (1994). "Summary of the Report on Evaluation of Engineering Education", tomado de *Journal of Engineering Education*, sept., 1955 pp. 25-60
- Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI) (2011). *Reunión Nacional ACOFI: Acciones y cambios en las facultades de Ingeniería*, Santa Marina, Colombia: sept., 2010
- ACOFI-WEEF TM (2013). "World Engineering Education Forum. Innovación en investigación y educación en ingeniería: factores claves para la competitividad global"; Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería, ACOFI. (2013); ACOFI, Cartagena de Indias, Colombia.
- Consejo de Acreditación de la Enseñanza de la Ingeniería (CACEI) (2014). *Diagnóstico de la formación de ingenieros en México*; México, D.F.
- CACEI (2015). *Informe de CACEI al Consejo para la Acreditación de la Educación Superior (Copaes)*, México, D.F.
- Rascón, Octavio (2006). *Estado del arte y prospectiva de la Ingeniería en México*, Academia de Ingeniería, México, D.F.
- Qualitas (2014). *Manual de procedimientos para la acreditación de programas de ingeniería*, Qualitas-CNA; Santiago de Chile, Chile.
- The American Society for Engineering Education (NSF, ASEE, 2013). *Annual Conference-2013*.
- UNESCO (2010). *Engineering Report United Nations Educational*. <http://www.unesco.org/new/en/natural-sciences/science-technology/engineering/engineering-education/unesco-engineering-report/>.