

# EL ESTADO ACTUAL DE LA FORMACIÓN DE INGENIEROS. CRITERIOS PARA LA EXCELENCIA Y LA COMPETITIVIDAD

MARÍA RUTH VARGAS LEYVA

*Instituto Tecnológico de Tijuana*

## INTRODUCCIÓN

Los profundos cambios económicos y tecnológicos que han modificado el ámbito de la economía mundial, entre ellos la globalización de la competencia entre países y empresas multinacionales, la internacionalización productiva de las principales ramas industriales y el desarrollo, la difusión y la amplia aplicación de tecnologías avanzadas hicieron evidente, en el caso de México, el agotamiento del modelo tradicional de sustitución de importaciones. En la segunda mitad de la década de los ochenta se elabora una nueva estrategia de cambio estructural que implica, entre otros aspectos, una mayor competitividad del aparato productivo en el exterior y una mayor y mejor educación y capacitación, así como el uso adecuado y eficiente de tecnologías propias y externas.

A nivel mundial, el surgimiento del nuevo orden económico tiene un impacto fundamental en la formación de ingenieros, convertida en eje central en la búsqueda de competitividad en el marco de una economía global, formación que se relaciona con las funciones que se derivan del continuo cambio tecnológico y nuevas formas de producción.

El presente trabajo aborda el impacto de la ciencia y la tecnología, a nivel mundial, en el currículo de ingeniería y el impacto del cambio tecnológico y el ambiente de trabajo en la formación de ingenieros. En segundo lugar, se relaciona la modernización de la estructura económica con la reforma de la educación superior tecnológica, como elemento estratégico para ofrecer una educación en ingeniería acorde con las características del nuevo orden mundial y, por último, se ofrecen sugerencias para su efectiva instrumentación en el escenario de la competitividad tanto del sector productivo como del sector educativo.

## LA FORMACIÓN DE INGENIEROS

La caracterización de lo que debe entenderse por ingeniería y el currículo para la formación de ingenieros ha transitado por tres periodos. En el primero y hasta la Primera Guerra Mundial predomina la idea de la ingeniería como arte, vocacional y especializada, “centrada en la solución de problemas y actividad en laboratorio”<sup>1</sup>. La percepción de la ingeniería como una educación fundamentada en la ciencia, resultado de una nueva filosofía educacional que emergió después de la Primera Guerra Mundial, experimenta cambios significativos en favor de mayor ciencia y análisis en el periodo de 1942 a 1954. Las ciencias básicas se introducen radicalmente en el currículo. El impacto de este movimiento fue tan profundo que se le describe como una revolución en la enseñanza de la ingeniería. Pero los cambios más significativos se harían presentes hasta 1955 en el Reporte Grinter<sup>2</sup>. En este periodo aparecen por vez primera los términos “ciencias básicas”, “ciencias de ingeniería” y “diseño de ingeniería”, además de un marcado énfasis en la ingeniería como ciencia. Las tres primeras recomendaciones del reporte fueron:

- Énfasis en ciencias básicas, que incluye matemáticas, física y química.
- Identificación e inclusión de ciencias de ingeniería, con base en el uso de ciencias básicas, como el eje común del currículo de ingeniería.
- Estudio integrado de análisis y diseño que estimule el pensamiento creativo y la imaginación, haciendo uso pleno de ciencias básicas y ciencias de ingeniería<sup>3</sup>.

El Reporte Grinter redefinió la formación de los ingenieros. En este segundo periodo queda muy claro que la experiencia de diseño es esencial en un programa de ingeniería: “Es el diseño lo que distingue al ingeniero del científico, lo que da apertura a la creatividad en la profesión”<sup>4</sup>. Si bien la capacidad de diseño “involucra la capacidad de atacar problemas nunca antes confrontados, también incluye la aceptación de la responsabilidad de resolver problemas con base en la profesión; se dirige a las fases creativa y práctica del diseño económico e involucra análisis, síntesis, desarrollo e investigación”<sup>5</sup>. La revolución en la enseñanza de ingenierías, unida al avance de la tecnología y la ciencia, tuvo un profundo impacto después del lanzamiento del Sputnik.

En los últimos 40 años la educación en ingeniería ha estado en discusión. La marcada resistencia a asumir el diseño en el currículo, definiéndolo como intelectualmente blando, intuitivo e informal, minó la formación de ingenieros y redujo el impacto de las sólidas bases científicas en la enseñanza de las ingenierías<sup>6</sup>. El tercer periodo se inicia con el profundo impacto del cambio tecnológico en la producción; desde los años cuarenta a los sesenta, cuando la industria norteamericana dominó el mercado mundial de manufactura de bienes, a la década de los ochenta con el desarrollo tecnológico de Japón y su impacto sobre la producción, conduce a la pérdida de los mercados internos y externos norteamericanos y al mejoramiento de la productividad en los países europeos. La importancia del producto que caracteriza la producción anterior a la globalización pasa a centrarse en el proceso; los departamentos de control de calidad desaparecen para dar lugar a la calidad total. El énfasis en las ciencias de ingeniería se convierte en énfasis en el diseño en el marco de un intensivo avance tecnológico. La relación entre manufactura avanzada y competitividad se vuelve inegable en una economía desarrollada, dependiendo de tres condiciones del producto alta calidad, costo bajo y oportunidad en el mercado. Estas condiciones se relacionan estrechamente con el diseño.

La transformación directa en los procesos de producción y en el proceso de trabajo, y la combinación de los elementos clásicos de concentración y rivalidad con empresas de asociación y de subcontratación tienen un impacto fundamental en la formación de ingenieros. Actualmente y en el futuro, el perfil del ingeniero se relacionará directamente tanto con las funciones tradicionales como con nuevas funciones que se derivan del continuo cambio tecnológico y de nuevas formas de producción.

De acuerdo a la Federación Europea de Asociaciones Nacionales de Ingeniería<sup>7</sup> la competencia en ingeniería se caracteriza por<sup>8</sup>:

- La comprensión de la profesión de ingeniero y de la responsabilidad con colegas, empleados o clientes, con la comunidad y con el ambiente.
- El 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 conocimiento del uso de tecnologías relevantes en campos específicos de especialización.
- Uso de técnicas de información y estadística.

---

<sup>1</sup>D.L. Evans y B. W. Mac Neill, “Design in Engineering Education: Past Views of Future Directions” en Engineering Education, julio-agosto 1990, p. 517, llaman a este primer periodo, premoderna historia de la educación en ingeniería.

<sup>2</sup>El informe, conocido como Reporte Grinter, es resultado de los trabajos del Committee on Evaluation on Engineering Education presidido por L.E. Grinter a solicitud de la American Society for Engineering Education y fue publicado en 1955.

<sup>3</sup>El Reporte Grinter enunció diez recomendaciones, las otras siete proponían la inclusión de materias opcionales, la integración de materias humanísticas y sociales a insistencia en un alto nivel de habilidad oral, escrita y gráfica; la experimentación, el fortalecimiento de programas de posgrado, recomendaciones para mantener la calidad profesional de la facultad y la exhortación a considerar las recomendaciones antes que el problema de la enseñanza de las ingenierías se volviera crítico.

<sup>4</sup>Norbdy, E.M. y R.C. Jones, “Engineering Education-Profession demands changes”, Proceeding, ASEE Annual Conference, junio 1987.

<sup>5</sup>Reporte del Comité para Evaluar la Educación en Ingeniería, ASEE. Idem.

<sup>6</sup>La comunidad académica nunca ha aceptado plenamente la exhortación a incluir un año de ingeniería de análisis y diseño, en los criterios de acreditación en Estados Unidos. Aparentemente, el deseo de la academia de relacionarse con problemas que requieran el rigor matemático, los llevaron a simplificar los problemas de diseño en aras de la “respetabilidad académica” resumida en materias que requieren pensamiento analítico y formal.

- 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.
- El conocimiento de relaciones industriales y principios de administración, teniendo en cuenta consideraciones técnicas, financieras y humanas.
- La habilidad de comunicación oral y escrita, incluyendo 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 ingeniería.
- La habilidad para evaluar el conflicto, y una variedad de factores (calidad, costo, seguridad, etcétera) 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.

La educación en ingeniería requiere nuevas habilidades. Frey y Finon<sup>9</sup>, en el análisis de la formación de ingenieros en Japón, destacan: la comprensión de los principios científicos fundamentales en la práctica de ingeniería y la comprensión de métodos de ingeniería (análisis, computación, modelos, diseños y verificación experimental) así como experiencia en su aplicación. The British Engineering Council's Working Group señala, como componente de la formación en ingeniería además de la "comprensión de los principios fundamentales", la "adaptabilidad", que implica la habilidad de aplicar la ciencia relevante a sistemas y situaciones que no existían (cuando era estudiante); no sólo debe entender sino tener la capacidad de observar y aprender nuevos sistemas, y la habilidad de describirlos en términos de comprensión de su conducta<sup>10</sup>. La "competencia mínima" en las ciencias de ingeniería requiere la habilidad para encontrar, discutir y abordar problemas mediante el empleo de un conjunto de técnicas; habilidad para definir un problema en una situación mal definida y aplicar una combinación compleja de métodos de resolución para definir un nuevo problema y solucionarlo.

En la actualidad, la formación de ingenieros enfatiza la habilidad práctica en la aplicación de principios matemáticos y científicos, la comprensión de los métodos de ingeniería y su aplicación a la solución de problemas así como de las fuerzas económicas y sociales y su relación con los sistemas de ingeniería, y la socialización en los patrones de razonamiento y conducta apropiados a la profesión. Sin embargo, "la ingeniería de método o diseño de procesos, más que el diseño de artefactos, es la que reúne todas las disciplinas de ingeniería y define la formación de ingeniero"<sup>11</sup> En un sentido moderno, la práctica profesional requiere la identificación de deseos y necesidades humanas aplicando conocimientos procedentes de varios campos,

<sup>7</sup>Federation Européene d' Association Nationales d' Ingénieurs (FEANI). La FEANI determina los estándares mínimos para lograr un nivel mínimo aceptable de competencia profesional que permite el registro como "European Ingenieur", que da el derecho a usar, en todos los países miembros, junto al título nacional el título profesional de EUR ING.

<sup>8</sup>Hernaut, K, "European Engineers Unity of Diversity" en Journal of Engineering Education, enero 1994. pp 35.

<sup>9</sup>Frey, Jeffrey y Williams Finon, "Engineering Education in Japan. A career long process", en Engineering Education, julio-agosto, 1990, p. 466.

<sup>10</sup>Samuel Newman Institute-Technion Report., "Overview of curriculum requirements", en Engineering Education, noviembre 1987, pp. 116-120.

la consideración de los intereses del consumidor en términos de costos, seguridad, eficiencia, confiabilidad, mantenimiento fácil y calidad, así como la comprensión de las implicaciones para la firma que produce un bien<sup>12</sup>.

La competencia global estimula la innovación: la velocidad en el diseño, la producción y el trabajo bajo las condiciones de ciclo de vida del producto. Impone severas presiones competitivas al empleo racional, produciendo cambios drásticos en la administración de procesos, en la investigación, el diseño, ingeniería, compras, manufactura, distribución, comercialización y ventas, que se integran en un único sistema que puede responder rápidamente a nuevas oportunidades.

La complejidad tecnológica, y la realidad que impone el cambio económico son, en parte, responsables de estado actual de la formación de ingenieros, que en términos de competencia internacional resulta inadecuada. Las críticas se centran en la incapacidad de la educación para formar ingenieros que comprendan tanto el diseño como la producción; en la formación de ingenieros orientados a resolver problemas comunes en la industria antes que al pensamiento creativo que puede estimular el cambio y la innovación tecnológica.

En general, el egresado de ingeniería requiere competencia técnica, definida como el firme enlace de los fundamentos de matemáticas, ciencias de ingeniería y la habilidad de aplicar esta competencia a una especialidad, además de una elevada capacidad de análisis haciendo uso de los sistemas de información, cuyo efecto ha sido catalítico en el proceso de invención e innovación.

## EL CAMBIO TECNOLÓGICO

El debate actual se centra entre el dominio de las ciencias básicas y ciencias de la ingeniería, en mayor extensión y profundidad de la actualmente requerida y un mejor balance entre ciencia (análisis) y diseño (síntesis creativa) en el currículo moderno del ingeniero.

La orientación hacia ciencias de ingeniería como el núcleo actual del currículo se relaciona con el rápido cambio tecnológico y cambios en la demanda de ingenieros. “Estudiar la tecnología o la práctica de ingeniería parece fútil, porque muy pronto, después de graduarse, la tecnología y la práctica serán obsoletas. Sin embargo, el dominio de los fundamentos vuelve la ingeniería adaptable a nuevas tecnologías”<sup>13</sup>.

Paralela al cambio en la educación de ingenieros la tecnología de información ha generado un proceso revolucionario, que se relaciona con el incremento en el acceso a sistemas, uso de sistemas interactivos, mayor capacidad en software, base de datos, graficación, así como la existencia de una red de comunicación. La nueva tecnología de computación tiende a aumentar la complejidad de los sistemas de ingeniería requiriendo el dominio de ciencias básicas en mayor extensión y profundidad de la actualmente requerida y ha modificado y cambiado la ingeniería de diseño, que incluye materias que requieren una herramienta de computación, como lo son teoría de la decisión estadística, algoritmos para la selección de la alternativa óptima, algoritmos para elegir alternativas satisfactorias, diseño lógico formal, búsqueda heurística y aún diseño organizacional.

Otro aspecto crucial en la formación de ingenieros es la educación para el trabajo y en el trabajo. En países como Japón la universidad pone énfasis en el proceso educativo formal mientras la industria provee el entretenimiento.

Aparentemente, una firme base matemática y la ciencia como objetivo central de cualquier currículo de ingeniería, por sí mismas no bastan para proveer una adecuada formación. La experiencia en la industria y el entrenamiento en el trabajo dan una “perspectiva ingenieril”, esto es, una afinidad por la práctica y por la producción, familiaridad con el trabajo en distintos departamentos, habilidad para interactuar en grupo y conocimiento de la administración.

---

<sup>11</sup>McMaster, John H. y Stephen D. Ford, “An Industrial View of Enhancing Design Education”, en *Engineering Education*, julio-agosto, 1990, pp. 526- 529.

<sup>12</sup>Tribus, Hyron, “Found (er)ing Father”, en *Engineering Education*, julio agosto, 1990, pp. 523-525.

<sup>13</sup>Samuel Newman Institute-Tecnion Report, op. cit. p. 108.

Mientras en Estados Unidos los empleadores con frecuencia sienten que estas habilidades deben enseñarse en la universidad, en Japón el entrenamiento es práctica común en la empresa. “El entrenamiento mejora la productividad porque baja a tierra al estudiante educado en la universidad y facilita su movilidad a diferentes proyectos, proporcionando un entrenamiento adecuado a medida que cambian las condiciones de la empresa”<sup>14</sup>.

La variedad de formación en los ingenieros que se solicitan para un mismo puesto en la industria trasnacional confirma el hecho de que, con frecuencia, lo más importante para las empresas es una base sólida de conocimientos en ingeniería. Cada vez menos la empresa está interesada en los cursos específicos del currículo de ingeniería y en el título<sup>15</sup> y más interesada en la habilidad para aprender, en la disposición hacia el trabajo, en la capacidad de los ingenieros graduados para desarrollar proyectos que “eficienten” la producción. Cada vez con más frecuencia el currículo se conforma, en la práctica industrial, como un sólido antecedente cognoscitivo alejado de la educación profesional de los egresados<sup>16</sup>, y también con más frecuencia las empresas valoran el perfil de los egresados en función de sus necesidades específicas.

El ambiente de trabajo también ha cambiado sensiblemente. Se espera que los técnicos estén mejor preparados y que los ingenieros posean conocimientos y habilidades en múltiples disciplinas y sean más competitivos en términos industriales. Por otra parte, el trabajo del ingeniero se está moviendo hacia posiciones administrativas<sup>17</sup> donde actualmente se requiere un claro enfoque de ingeniería del producto, mientras la rotación en el trabajo facilita el entendimiento básico de las técnicas administrativas, la relación efectiva con otros empleados a todos los niveles de la organización, las técnicas de solución de problemas en grupo y, más generalmente, la flexibilidad en el uso de personal.

Las nuevas tecnologías y el profundo cambio que ha experimentado la economía mundial tienden a demandar tres tipos de ingenieros: aquellos con una sólida base científica, totalmente inmersos en tecnología de computación, trabajando en problemas reales y creando ingeniería de diseño y de software; ingenieros involucrados en tareas importantes pero rutinarias, usando pero no desarrollando software<sup>18</sup> y el “ingeniero funcional”, capaz de integrarse en equipos de trabajo, conformados por una variedad de individuos con un amplio rango de antecedentes y experiencias relacionadas con todos los aspectos del desarrollo de un producto<sup>19</sup>. Cada tipo de ingeniero requiere una mezcla óptima de habilidades teóricas, abstractas y prácticas.

En países avanzados, la estructura típica de un staff de ingenieros reconoce tres grupos que va de los orientados a la práctica (producción, construcción, instalación y mantenimiento) a los orientados al desarrollo y la investigación. El sistema educativo en Alemania diferencia los títulos profesionales de ingeniero entre el Facharbeiter, el Techniker Meister y el Diplom-Ingenieur; en Inglaterra existe el Engineer Technician, el Incorporated Engineer y el Chartered Engineer, en España existen los títulos de Ingeniero Técnico e Ingeniero Superior.

Independientemente del perfil y habilidades específicas requeridas para cada tipo de formación existe la dificultad de anticipar la formación específica que requerirá el mundo del trabajo en un ambiente de rápido cambio tecnológico.

---

<sup>14</sup>Frey, Jeffrey y William Finon. op. cit. p. 466.

<sup>15</sup>En el estudio de las características del mercado de trabajo de los ingenieros industriales en electrónica en Tijuana y Ciudad Juárez, de 105 entrevistados sólo el 27% se había titulado. En la práctica, el título profesional no es un requisito de ingreso al trabajo.

<sup>16</sup>En la investigación sobre Ingeniería Industrial en Electrónica, más del 40% de la práctica profesional de los egresados se realiza en actividades de Ingeniería Industrial, específicamente en actividades de controla de calidad en el caso de Tijuana, y de mantenimiento en el caso de Ciudad Juárez. De acuerdo al Seguimiento de egresados de la Educación Tecnológica, (SEP, COSNET, 1994), el 11% de los egresados de Institutos Tecnológicos realizan servicios técnicos y de ingeniería, 33% se ubican en la producción industrial; el resto se ubica en actividades relacionadas con los servicios y en la administración.

<sup>17</sup>Se estima que aproximadamente el 50% de los ingenieros en el mundo se ubican en tareas administrativas.

<sup>18</sup>Samuel Newman Institute-Technion Report, op.cit.p.111.

<sup>19</sup>En España y otros países europeos se diferencia entre el Ingeniero Superior y el Ingeniero Técnico, o entre el Engineering Technician Incorporated Engineer.

## LA MODERNIZACIÓN DE LA ESTRUCTURA ECONÓMICA

En el nuevo modelo de desarrollo, la modernización de la estructura económica pasa a ocupar un lugar central. En México, el proceso de reestructuración industrial está presente tanto en la actividad productiva no maquiladora en Sonora como en la de producción de hilados en Puebla reflejándose en un sector productivo con una gran heterogeneidad, mientras la tradicional maquila de ensamble tiende a ser substituida por las “nuevas maquiladoras” que se caracterizan por su nivel de automatización y el control de la producción mediante sistemas de cómputo, en la que la flexibilidad y multifuncionalidad son características comunes. El uso intensivo de mano de obra tiende a ser substituido por el uso intensivo de capital. Los esquemas organizacionales poseen características de la producción posfordista. Planeación, orden, respeto al tiempo y comunicación abierta, predominan como políticas respecto al trabajo.

En los últimos años la participación de la industria maquiladora como fuente importante de empleos (11 % del total manufacturero) y de divisas<sup>20</sup>, ha planteado la posibilidad de superar el modelo de subcontratación, transformándola en un instrumento para la modernización y la diversificación del aparato productivo. Esta concepción de la industria maquiladora, como un programa de transición que contribuya al proceso de modernización industrial, requiere “una solución integral que debe incorporar políticas cambiarias, fiscales, de protección al empleo, de relocalización y de diversificación de mercados”<sup>21</sup>. En las estrategias de globalización, México ocupa una posición geográfica privilegiada para las corporaciones multinacionales que se establecerán en el país incorporando un modelo de producción en transición dado por la flexibilización de los productos y los mercados (pequeños y grandes lotes de gran calidad o alta complejidad), las tecnologías (con base en el uso de la microelectrónica), las formas de organización y dirección del trabajo (privilegiando el trabajo en grupo y la autorregulación), las características de la fuerza de trabajo (nuevas calificaciones, nuevas costumbres, una cultura de participación y compromiso)<sup>22</sup>.

El enfoque de la producción flexible, también llamado nuevo paradigma tecnoeconómico, subyace en la modernización del sector productivo y se relaciona con una nueva forma de reinserción de los países de reciente industrialización en la economía mundial. La reestructuración industrial implica adaptar la economía a nuevas condiciones, “mediante la reorganización de las empresas, la adquisición de nuevos conocimientos sobre el mercado extranjero y la capacitación de la fuerza laboral para el desempeño de nuevas tareas”<sup>23</sup>, pero también requiere de una capacidad científica, tecnológica y productiva que, en gran medida, parte de la modernización del sistema educativo en general, y del sistema de educación tecnológica en lo particular.

Cuando se valora la formación académica de los egresados del sistema de educación tecnológica, la opinión del sector industrial destaca el impacto de la formación académica en la optimización de recursos materiales, mejoramiento de la calidad y reducción de costos de producción; la incidencia parcial en la adaptación de procesos de producción y desarrollo de investigación y la escasa incidencia en la generación, transferencia e innovación de tecnología<sup>24</sup>. Paralelamente, el sector productivo destaca como problemáticas generalizadas: “la prevalencia de tecnología obsoleta e inadecuada en la industria acompañada de un incipiente desarrollo tecnológico; la insuficiente capacitación y escasa formación técnica en la planta industrial, la falta de especialización de las empresas; el sobredimensionamiento y exceso de capacidad instalada en algunas ramas industriales; el rezago de tecnología de productos y en ingeniería de diseño; y como una constante, la falta de vinculación entre la industria y los centros de educación e investigación”<sup>25</sup>.

---

<sup>20</sup>En 1994 fue la segunda en importancia después del petróleo.

<sup>21</sup>Comercio Exterior, octubre de 1988, p.887.

<sup>22</sup>Covarrubias, Alejandro, La flexibilidad Laboral en Sonora, México, El Colegio de Sonora/Fundación Friedrich Ebert, 1992, p.63.

<sup>23</sup>Zapata, Francisco, Taeko Hoshino y Linda Hanono, La reestructuración industrial en México. El caso de la industria de autopartes, Cuadernos del CES, El Colegio de México, 1994, p.11.

<sup>24</sup>SEP, Seguimiento de egresados de la Educación Tecnológica, Tomo V., México, COSNET, 1994, p.135.

<sup>25</sup>SEP, Reforma de la Educación Superior Tecnológica, Documento 12, 1993, p.21.

## LA REFORMA DE LA EDUCACIÓN SUPERIOR TECNOLÓGICA

En la década pasada, los egresados de educación superior confrontaron un mercado en el que decrecía la ocupación industrial. Al crecimiento en la participación económica femenina, que coincidió con el incremento de los grupos de edad en ingreso a la población económicamente activa, se sumó una fuerte concentración en la demanda de trabajo y despidos de mano de obra en la manufactura. En todos los sectores la mayor productividad acusó una reducción de las horas-hombre utilizadas. La posibilidad de la economía para otorgar puestos de alta remuneración fueron menores a la oferta y los requisitos de escolaridad para el ingreso al trabajo fueron mayores; en general, se deterioró el nivel ocupacional y salarial de los trabajadores en el sector industrial.

La orientación y estructura del sistema de educación vigente, distanciado de los requerimientos de formación y capacitación del nuevo modelo económico que se está imponiendo en México, pasa por una profunda reforma educativa. La introducción de nuevas tecnologías en el sector industrial ha cuestionado las carreras y sus orientaciones, particularmente de las instituciones de educación media, media superior y superior del sistema de educación tecnológica, que presentó en los años ochenta un desarrollo asimétrico con el impulso de la industrialización.

El proceso de modernización de la educación superior tecnológica<sup>26</sup> se ha traducido en una reforma educativa que abarca tanto el enfoque para la formación de estudiantes como los elementos de este nuevo esquema destacando una educación acorde con las características del nuevo orden mundial. La velocidad del avance tecnológico plantea también la necesidad de una formación en ingeniería dinámica y flexible, que pueda desempeñar un papel más importante en la solución de la problemática relativa a la asimilación, transferencia e innovación de tecnología<sup>27</sup>.

La educación superior tecnológica en general, no había experimentado una reforma hasta 1992. En lo particular, en 1973 se realizó un cambio sustancial en el modelo educativo del Sistema de Institutos Tecnológicos que afectó la organización de la enseñanza, la evaluación y acreditación; que actualizó pero no modificó significativamente el contenido de los programas. Se basó más en la tecnología educativa imperante que en la realidad económica y tecnológica; comparó al modelo con otros modelos educativos destacando su modernidad, pero no con las tendencias internacionales señalando su pertinencia. Se centró en métodos educativos y en forma de organización de los servicios, pero careció de la visión de conjunto para vincular en la práctica la educación superior tecnológica con el sector productivo. Durante 20 años se actualizó el contenido de programas pero no la organización de los estudios.

La reforma de la educación superior tecnológica es la respuesta a las características del nuevo orden mundial: “El reacomodo de las fuerzas se caracteriza por una intensa competencia por los mercados, por el surgimiento de nuevos centros financieros y comerciales, nuevas formas y zonas geográficas de integración regional y una enorme capacidad de innovación en el conocimiento y su aplicación de la tecnología”<sup>28</sup>.

La organización del currículo en ciencias básicas y matemáticas, ciencias de ingeniería e ingeniería de diseño, que asume en la reforma de la educación superior tecnológica, es la que ha dominado en la educación de ingenieros desde la aparición del Reporte Grinter. Si se compara, en porcentajes por áreas, la formación de ingenieros en Europa, Israel y Estados Unidos, destaca que el modelo base para la reforma es el del TECHNION, ampliamente documentado en el Reporte del Instituto Samuel Neaman: *Engineering Education 2001*<sup>29</sup>.

<sup>26</sup>La Reforma Educativa de la Educación Superior Tecnológica afecta, las instituciones dependientes de la Dirección General de Institutos Tecnológicos, Dirección General de Educación Tecnológica Agropecuaria y la Unidad de Educación en Ciencia y Tecnología del Mar. El Sistema Nacional de Educación Tecnológica, tiene como tarea principal la formación de cuadros técnicos y profesionales relacionados de manera directa con el sector productivo y con el manejo y desarrollo de la tecnología. Se orienta también a la preparación en estudios de posgrado y, consecuentemente, hacia la investigación científica y tecnológica.

<sup>27</sup>SEP, Reforma de la Educación Superior Tecnológica, Documento 12 p. 23.

<sup>28</sup>SEP, Reforma de la Educación Superior Tecnológica. Carrera de Ingeniería Industrial en Electrónica, Documento 12, 1994,p.6.

<sup>29</sup>El Reporte fue presentado originalmente en el Taller Internacional de Educadores en Ingeniería realizado en el TECHNION, en Haifa, Israel, la versión final se publicó en 1987. Una versión resumida fue publicada ese mismo año en el mes de noviembre

La reforma es tan significativa que si se analiza el currículo antes y después, surgen los inconmensurables. No es posible compararlos porque al menos un término usado en ambos modelos tiene un significado totalmente diferente en cada uno de ellos. Por ejemplo, el currículo de Ingeniería Industrial en Electrónica se organizaba en ciencias básicas, electrónica básica y especialidad. En el modelo que se instrumenta, las materias se agrupan en ciencias básicas y matemáticas, ciencias de ingeniería, ingeniería de diseño y especialidad. Aún calculando los porcentajes de créditos por área para compararlos con el modelo propuesto por la Reforma, surgen serias inconsistencias en la organización de los estudios.

Vista desde otro ángulo, la organización curricular se integra en dos grandes bloques que se dividen de acuerdo con el carácter de la formación que ofrecen, el primero corresponde a la formación genérica, que varía entre el 77 y el 80% de los créditos obtenidos de manera escolarizada, y el segundo a la especialidad<sup>30</sup>. Estos tampoco pueden ser comparados con la división anterior de tronco común y especialidad.

Una tercera forma de desagregar los estudios es la codificación de aprendizajes escolarizados y aquellos que se desarrollan en un ámbito extraescolar, estos últimos constituyen la Residencia Profesional en el sector social o productivo, y se contabilizan como 20 créditos, incluidos en la especialidad. Esta estrategia de vinculación entre la educación superior y el sector productivo de bienes y servicios no existía antes de la reforma.

Los cambios más importantes que aporta la reforma de la educación superior tecnológica al currículo de ingeniería son:

- La organización del currículo de acuerdo a criterios internacionales.
- La posibilidad de un espacio flexible en el plan de estudios constituido por la especialidad, a diseñar en cada Instituto Tecnológico, que favorece la atención de necesidades del sector productivo.
- La relevancia de las ciencias sociales y humanidades en la educación de ingenieros.
- Una estrategia de vinculación que permite integrar al estudiante a situaciones reales de trabajo, que se concreta en la residencia en el sector productivo.

Mediante la reforma, la educación superior tecnológica define un nuevo modelo académico que pretende responder al proceso de modernización de los sectores productivos, permitiendo alcanzar los estándares para competir en los mercados nacional e internacional.

En el marco de la reforma, los Institutos Tecnológicos dependientes de la SEP se proponen formar profesionales en ingeniería analíticos y creativos, preparados para realizar actividades de adaptación, transferencia e innovación de tecnología que apoyen la solución de problemas del sector industrial y de servicios y que favorezcan el incremento en la calidad y productividad, actuando como agentes de cambio en su área y comprometidos con la problemática nacional<sup>31</sup>.

Para lograrlo los institutos tecnológicos se proponen ofrecer:

1. Una preparación actualizada de los egresados, acorde con las necesidades regionales mediante un plan de estudios flexible que garantiza una sólida formación en el campo básico de especialidad y que permite también profundizar o ampliar en alguna área o campo de aplicación específicos para atender las distintas demandas del entorno; su revisión periódica permite actualizarlos tanto en sus contenidos como en su orientación.
2. El desarrollo de actividades que fomenten la creatividad en el terreno de la ingeniería y que fortalezcan el dominio de las ciencias básicas.
3. Un programa de equipamiento permanente que permite contar con sistemas y aparatos modernos y con software de computación acorde con los avances tecnológicos<sup>32</sup>.

---

en Engineering Education, pp.105-126.

<sup>30</sup>De acuerdo a los documentos de la reforma, la estructura curricular de la carrera se divide en tres grandes áreas, dos especializadas, la genérica y la de especialidad, y una no escolarizada: residencia profesional.

4. Una formación acorde con la idea de carrera genérica que deriva en una gran amplitud para el campo de trabajo del egresado.
5. El diseño de distintas estrategias de concertación de los Institutos Tecnológicos con el sector productivo, a fin de apoyar la retroalimentación y actualización de los planes de estudios y el desarrollo de actividades de los estudiantes como una importante preparación para su inserción profesional en el mercado de trabajo <sup>33</sup>.
6. Una estrecha vinculación institucionalizada con el sector productivo, y sistemas de apoyo para adquirir información actualizada de distintas fuentes y países.
7. Un programa de mejora académica continua que tenga como uno de sus parámetros los estándares internacionales para la formación de este tipo de Ingenieros.
8. Un conjunto de actividades culturales, deportivas y sociales.

Si bien la reforma es el resultado de un amplio e intenso trabajo que ha involucrado a distintos sectores de la comunidad académica, hay algunas experiencias que deben ser aprovechadas. Tan importante como la difusión de planes y programas de estudio, es la amplia comprensión del avance científico y tecnológico y del nuevo orden económico mundial; la comprensión del contexto en que se propone la reforma y sus implicaciones para el desarrollo nacional. La reforma no debe limitarse a la institucionalizada, debe traducirse en un proceso de crecimiento permanente de la academia que revise y actualice no sólo los contenidos de programas sino también radicalmente las estrategias de enseñanza mediante el uso intensivo de sistemas de cómputo (desde la enseñanza de las matemáticas hasta el diseño), uso y generación de información científico-técnica, trabajo independiente y la solución de problemas en grupo, pasando por el diseño interdisciplinario. Los cambios no pueden esperar momentos puntuales que respondan a una convocatoria central, no pueden ser vistos como productos sino como respuestas de un sistema en proceso que es la educación superior tecnológica. Tan importante como la reforma es el fomento de una cultura tecnológica en el aula, en la academia, en el contexto institucional; el alumno al egresar debe saber qué hace el ingeniero y por qué lo hace, qué es la práctica de ingeniería y con qué ética ingenieril se practica. La experiencia nos recuerda que no hemos carecido de intenciones sino de la visión de conjunto para abarcar el contexto, para captar lo inmediato y lo mediato; que se ha priorizado pensando en lo políticamente urgente y no en lo académicamente necesario. Los cambios requieren algo más que la intención oficial, requieren llegar a la esencia del profesionalismo que es la competencia.

A nivel mundial, la educación en ingeniería en el siglo XXI, esto es, la educación para los Ingenieros de Nueva Generación en la que se ha denominado “Tercera Revolución Industrial” o “Revolución de la Inteligencia”<sup>34</sup>, requiere tanto un currículo actualizado, flexible, sólido, creativo y multidisciplinario, centrado en la solución de problemas, con un acercamiento a las ciencias sociales y humanidades que proporcione al estudiante una apreciación del contexto natural, histórico y cultural en el cual se practica la ingeniería, y una academia altamente capacitada, actualizada y estimulada al rendimiento, con experiencia, entrenamiento y práctica permanente en la industria. “La academia es el currículo personificado”<sup>35</sup>. Para estar al día con los estándares mundiales, la enseñanza de las ingenierías requiere el uso extendido de técnicas de computación, el trabajo efectivo en laboratorio, el empleo de nuevos materiales instruccionales y nuevas técnicas, la resolución de

---

<sup>31</sup>Reforma de la Educación Superior Tecnológica, op. cit. p.21.

<sup>32</sup>SEP, Reforma de la Educación Superior Tecnológica, Documento 10.p.21.

<sup>33</sup>SEP, Reforma de la Educación Superior Tecnológica, op. cit., p.23.

problemas y el diseño multidisciplinario en equipo.

Se requiere una educación que sensibilice a la producción, a los problemas prácticos, al trabajo en equipo; a la cultura, instituciones y prácticas comerciales de otros países. Una educación que fomente una ética ingenieril con base en la comprensión de la naturaleza de la ingeniería y sus propósitos, modos de operación y limitaciones; que fomente la habilidad de comunicación oral y escrita, el pensamiento creativo, la toma de decisiones, la responsabilidad y la competencia. Se requiere que la escuela y la empresa reconozcan su fortaleza y sus limitaciones, que no existan “barreras de cristal” en su comunicación.

Si bien aún no se configuran tanto al interior como al exterior los cambios que se presentarán en la estructura productiva y ocupacional, el avance científico y tecnológico se refleja en la automatización, la tecnología de nuevos materiales, los sistemas de información, la simplificación de procesos y la organización del trabajo. Este avance y los sistemas flexibles de producción, que caracterizan la empresa moderna, tiene profundas consecuencias en la formación de ingenieros que debe orientarse tanto a la investigación y desarrollo como al diseño y la producción industrial.

La educación de ingenieros se ha convertido en el eje central en la búsqueda de competitividad en el marco de una economía global donde la competitividad es una exigencia de la economía nacional; un requisito de las instituciones a medida que las oficinas de acreditación se oficializan para garantizar los niveles mínimos de competencia profesional; un atributo de la academia comprometida con la excelencia; una demanda de los egresados en un mundo de rápido avance tecnológico compitiendo con ingenieros formados en otras partes del mundo.

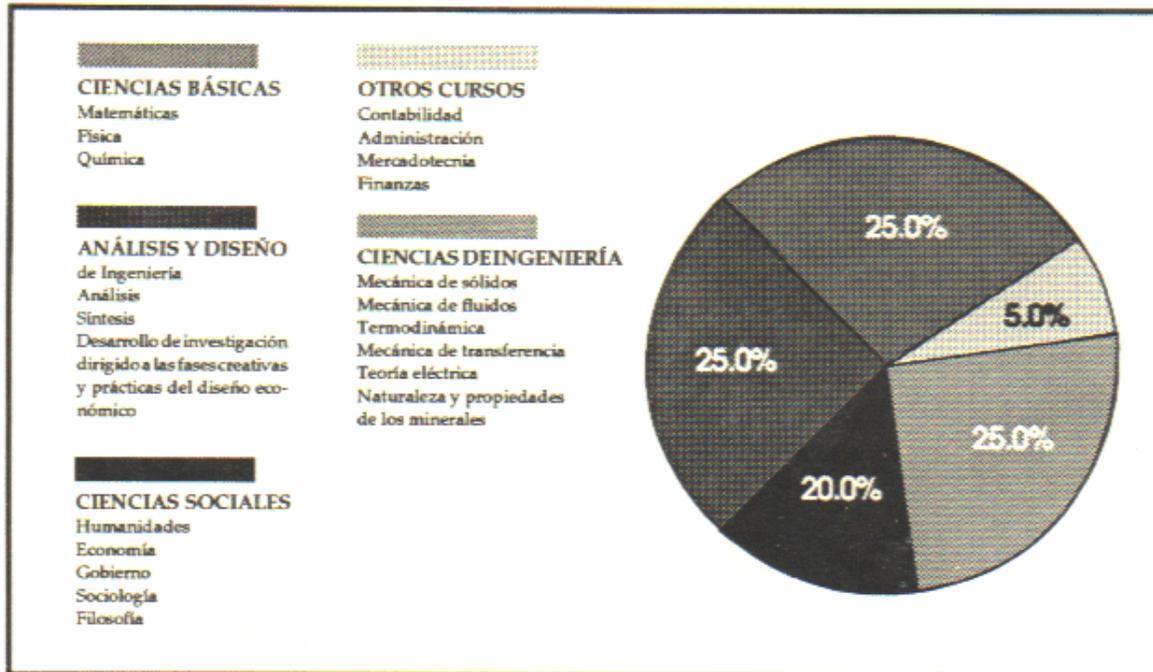
Si perdemos esta perspectiva, el mundo en que los graduados de ingeniería trabajarán será muy diferente del mundo para el cual se diseñó su educación. Habrá fronteras transparentes que no podrán cruzar, barreras invisibles a la comunicación, techos de cristal que no les permitirán su movilidad vertical. Para llegar a la competitividad a la educación tecnológica superior sólo queda la posibilidad de buscar la excelencia, ese atributo tan difícil de definir y tan fácil de reconocer.

---

<sup>34</sup> “Es una “Revolución” porque representa cambios radicales en la lógica de la organización social y técnica de trabajo cuyos resultados son incrementos sin precedentes en la productividad, la eficiencia, la calidad y los costos de productos y servicios...Representa cambios rápidos, mutaciones generales, interdependientes, que tienen como sus ejes principales microcircuitos electrónicos, informática y telecomunicaciones, materiales nuevos, biotecnología, la capacidad de introducir inteligencia y otras cualidades humanas a las máquinas y, repetimos, un modo organizacional que permite la aplicación de conocimientos y su utilización efectiva, así como la movilización de recursos financieros, materiales y humanos a niveles elevados de eficiencia.”, Jorge Padua, Vinculación entre Sistema Educativo y Sector Productivo de Bienes y Servicios, El Colegio de México, 1992, Inédito.

<sup>35</sup> Lohmann, Jack R., “Myths, Facts, and the Future of U.S. Engineering and Science Education”, en Engineering Education, abril 1991, p.369.

## MODELO DE CURRÍCULO PROPUESTO POR EL REPORTE GRINTER



**CUADRO 1**  
**CAMBIOS EN LA EDUCACIÓN EN INGENIERÍA**

AÑO	REPORTE	PRESIDENTE DEL COMITE	APORTACIONES
1955	Committee on Evaluation at engineering education, report.	L.E. Grinter	Introduce conceptos de Ciencias básicas, Ciencias de ingeniería, Análisis de diseño, Ingeniería de diseño.
1958	Report of the task force on engineering analysis and design	D.W. Verplank	Enfatiza la síntesis y diseño en el currículo de ingeniería
1968	Goals of engineering education, report.	E. A. Walker	Énfasis en Matemáticas, Física, Ciencias de la ingeniería, Ingeniería de análisis y Diseño e Ingeniería de sistemas
1975	Future directions for engineering education: system response to a changing world.	J.H. Hollomor	Reintenta introducir el arte de la Ingeniería en la educación de ingenieros.
1986	Quality of engineering education. Project study.	W.E. Lear	Resistencia a eliminar materias de Ciencias de Ingenierías en favor de mayor especialización.
1994	National Research Council's Committee on engineering design theory and methodology.		Diseño interdisciplinario Trabajo en grupo Involucramiento de la empresa

**CUADRO 2**  
**UNIVERSIDADES Y ESCUELAS DE INGENIERÍA ACREDITADAS POR LA FEDERACIÓN EUROPEA DE ASOCIACIONES NACIONALES DE INGENIERÍA (FEANI)**

PAÍSES ASOCIADOS	NÚM. DE UNIVERSIDADES	NÚM. DE UNIVERSIDADES OFRECIENDO CURSOS CORTOS	NÚM. DE UNIVERSIDADES OFRECIENDO CURSOS LARGOS
AT Austria	6	-	6(5u)
BE Bélgica	34	25(4u)	9(5u)
CH Suiza	2	-	2(4,5u)
CY Chipre	-	-	-
DE Alemania	118	85(3u+1t)	40(4.5u+0.5t)
DE Dinamarca	12	11 (4u)	2(5.5u)
ES España	32	29(3U)	26(6u)
FI Finlandia	32	27(4u)	5u
FR Francia	169	-	169(5u)
GB Reino Unido	108	108(3u(+1t)/4u)	43(4u/5u)
Gr Grecia	6	-	6(5u)
HU Hungría	15	12(3u)	5(5u)
IE Irlanda	9	9(4u)	-
IS Islandia	2	1(3u+2t)	1(4u)
IT Italia	33	-	33(5u)
LU Luxemburgo	-	-	-
MT Malta	1	-	1(4u)
NL Holanda	36	31(3u+1t)	5(4u)
PO Polonia	-	-	-
PT Portugal	18	-	18(5u)
SE Suecia	7	-	7(4.5u)
<b>Total</b>	<b>661</b>	<b>343</b>	<b>394</b>

u representa los años de educación en ingeniería acreditados y aprobados por FEANI  
t representa los años de entrenamiento como parte de la educación en ingeniería

**CUADRO 3**  
**DIFERENTES TÍTULOS DE INGENIEROS Y DESIGNACIÓN EN EUROPA**

Akademiingenior	Ingenieur diplome
Bachelor of art	Ingenieur Industriel
Bachelor of Engineering	Ingeniero Superior
Chartered Engineering	Ingeniero Tecnico
Civilingenior	Ingenieur Technicien
Civilingenjor	Master of Art
Diplom-Ingenieur	Master of Engineering
Diplomi-Insinoori	Okl. Memok
Dottore in Ingegneria	Okl. Uzemernok
Engenheiro	Sivilingenior
Engineering Technician	Teeknifraedingur
Incorporated Engineer	Technicien Superieur
Ingenieur	Technikel
Insinoori	Teknikumingenior
Ingenieur Civil	Verkfraedingur

Fuente: Hernaut, K. "European Engineers: Unit of Diversity", *Journal Engineering Education*, enero 1994, p.36.

**CUADRO 4**  
**PORCENTAJES POR ÁREA PARA LA ACREDITACIÓN DEL CURRÍCULO EN INGENIERÍA. COMPARADOS CON EL MODELO PARA LA REFORMA DE LA EDUCACIÓN SUPERIOR TECNOLÓGICA EN MÉXICO**

INSTITUCIÓN O ACCIÓN	PAÍS	CIENCIAS BÁSICAS MATEMÁTICAS	CIENCIAS DE INGENIERÍA	DISEÑO DE INGENIERÍA	C.SOCIALES Y HUMANIDADES	OPCIONALES
Acreditación board of engineering and technology (abet)	EEUU	25%	18%	25%	20%	12%
European Federation of National Engineering Association (FEANI)	Europa	35%	55%		10%	
Technion	Israel	30-35%	35-40%	15-20%	10%	
Reforma de la educación superior tecnológica.	México	30-35%	35-40%	15-20%	10-15%	

**CUADRO 5**  
**PORCENTAJE DE CRÉDITOS POR ÁREAS CURRICULARES ANTES DE LA REFORMA**

ÁREA	ING. ELECTRÓNICA	ING. INDUSTRIAL EN ELECTRÓNICA
Ciencias Básicas y matemáticas	33	33
Electrónica básica	53	37
Especialidad	14	-
Otras	-	30

**CUADRO 6**  
**PORCENTAJE DE CRÉDITOS POR ÁREA CURRICULAR ANTES DE LA REFORMA**

ÁREA	ING. ELÉCTRICA	CRITERIO INTERNACIONAL
Ciencias Básicas y matemáticas	22	30-35
Ciencias de Ingeniería	21	35-40
Diseño de Ingeniería	52	15-20
Otras	5	10