

Ingeniería México

2030:

Escenarios de Futuro



Asociación Nacional de Facultades y Escuelas de Ingeniería
2010

Ingeniería México 2030: Escenarios de Futuro

Primera Edición: Enero 2010

D.R. Asociación Nacional de Escuelas y Facultades de Ingeniería,
A.C.

Esta edición y sus características son propiedad de la
**Asociación Nacional de Escuelas y Facultades de Ingeniería,
A.C.**

Palacio de Minería, Tacuba No. 5
Col. Centro, Delegación Cuauhtémoc, C.P. 06000.

Coordinación Institucional

M. en C. Jesús Reyes García
Presidente 2006-2008, ANFEI

M. en I. Mario Ignacio Gómez Mejía
Secretario Ejecutivo

Consultoría, Coordinación, Redacción y Síntesis

Dr. Tomás Miklos
Mtra. Margarita Arroyo García

Seguimiento y Colaboración

Ing. Jorge Hánel del Valle
Universidad Autónoma Metropolitana

Lic. Alejandro Martínez Sánchez
Instituto Tecnológico Superior de Irapuato

Diseño Editorial:

Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec

ISBN:978-607-95035-1-2

Hecho en México

**Grupo de Expertos
Entrevistados**

Ing. Julián Adame Miranda
Director Ejecutivo.
Instituto de Investigaciones Eléctricas.

Dr. Antonio Alonso Concheiro
Consultor.
Analítica Consultores Asociados

Ing. Arturo Cepeda Salinas
Presidente.
Comité Mexicano de Informática

Ing. José Manuel Covarrubias Solís
Tesorero.
Universidad Nacional
Autónoma de México

Dr. Luis Fernández Zayas
Coordinador General.
Foro Consultivo Científico
y Tecnológico

Dr. Óscar González Cuevas
Académico.
División de Ciencias Básicas e Ingeniería.
Universidad Autónoma Metropolitana
- Azcapotzalco

Dr. Pedro Luis Grasa Soler
Director General.
Instituto Tecnológico y de Estudios
Superiores de Monterrey - Campus
Estado de México.

Dr. Diódoro Guerra Rodríguez
Presidente.
Centro Mexicano de Estudios de Ingeniería
para el Desarrollo (CEMEID)

Ing. Javier Jiménez Espriú
Presidente.
Consejo de Administración del NEC de México

Lic. Julio Millán Bojalil
Presidente
Consultores Internacionales, S.C.

Dr. Felipe Ochoa Rosso
Presidente
Felipe Rosso y Asociados
en Consultoría

M. C. Felipe A. Rubio Castillo
Director General.
Centro de Ingeniería y
Desarrollo Industrial (CIDESI)

Ing. Luis G. Torreblanca Rivera
Director General.
Centro de Innovación Aplicada en
Tecnologías Competitivas (CIATEC)

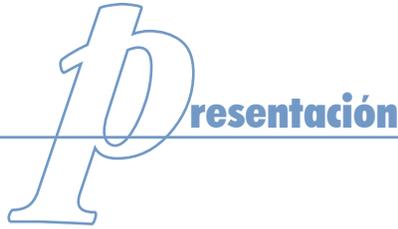
Dr. José Enrique Villa Rivera
Director General.
Instituto Politécnico Nacional

Dr. Emilio Zorilla Vázquez
Director General.
Consultoría Interconsult Industrial

Contenido

Presentación	7
Prólogo	11
I. ANTECEDENTES	15
1. Objetivo	17
2. Enfoque prospectivo	17
II. REVISIÓN DOCUMENTAL	19
1. Tendencias en el contexto internacional	21
1.1. Globalización y sociedad del conocimiento	21
1.2 Desarrollo e innovación tecnológica	23
1.3 Nuevos escenarios y perfiles para la ingeniería	25
1.4 Nuevos campos de desarrollo ingenieril	26
2. El anclaje nacional en el contexto latinoamericano	30
2.1 La necesidad de construir un camino hacia la productividad y la competitividad	30
2.2 El estado de la innovación tecnológica en México	31
2.3 La incidencia en la competitividad	34
2.4. Indicadores sobre la educación en ingeniería en México	36
III. LA CONSULTA: ENTREVISTA A EXPERTOS	45
1. Consideraciones metodológicas	47
2. Participantes	48
3. Resultados: escenarios	49
3.1. Escenario retrospectivo: el origen de la tendencia La pauta globalizadora desmantela las empresas de ingeniería nacional.	49

El uso de las TIC innova las prácticas de la ingeniería.	51
La velocidad de las innovaciones tecnológicas, su proliferación y la obsolescencia de los saberes.	52
3.2. Escenario prospectivo: el tablero de juego del futuro	54
La dinámica de mercado de la ingeniería global.	54
Los grandes cambios para el futuro.	55
3.3. Eje 1: Capital humano	56
3.4. Eje 2: Desarrollo tecnológico	59
3.5. Eje 3: Infraestructura	61
3.6. Eje 4: Políticas públicas	61
IV. LA VISIÓN DESDE LAS REGIONES	63
1. Reunión de Directores ANFEI	65
2. La perspectiva regional	65
V. CONCLUSIONES	73
1. Futurible	75
2. Estrategias	75
3. Hoja de ruta	80
4. Segunda etapa	82
VI. ANEXOS	83



Presentación

Con la publicación del libro **Ingeniería México 2030: Escenarios de Futuro**, la ANFEI cierra la primera etapa de un proyecto iniciado en 1999, cuya meta es aportar a la educación superior en ingeniería en México la información y la metodología para que la formación de los ingenieros se dé de una manera proactiva y coadyuvando de esta manera al desarrollo de una ingeniería acorde con las necesidades de México y del mundo.

En este libro se plasman los resultados de los estudios y las reflexiones de académicos y de expertos que han dado una visión sobre lo que es México en estos días y lo que se debe hacer para lograr el México hacia el 2030 a través de la planeación prospectiva y estratégica. Y no se trata de descubrir al futuro de México, sino de construirlo.

Como se menciona en el primer párrafo, ésta es la culminación de un trabajo que tiene sus antecedentes desde 1997, en su Reunión General de Directores, cuando por primera vez la ANFEI aborda el tema de Planeación Estratégica, en 1999 se comienza a hablar sobre planeación prospectiva y estratégica, en donde se da un trabajo conjunto entre los directores y académicos entre las diferentes Regiones de la ANFEI, y como resultado de este trabajo, se contó con la primera publicación en la que se da una prospectiva de la ingeniería hacia el año 2020; sobre estas conclusiones, los Programas de Trabajo se inspiraron para desarrollar proyectos encaminados hacia ese futuro; los Comités Ejecutivos entendieron que la planeación prospectiva y estratégica no es un proceso que tenga fin, sino que debe darse de manera permanente, y es así que después de una nueva publicación en 2002 que da lugar a un nuevo proceso participativo entre los académicos de las Regiones, que inicia en 2003, para concluir en 2007, en esta etapa, nuevamente la ANFEI lleva a todas las Regiones espacios para que los directores, los responsables de planeación y los académicos de los programas

de ingeniería continúen a analizando sobre la situación del país y del mundo, y la manera como los programas de ingeniería pueden aportar en la formación de ingenieros y en la investigación en ingeniería, tendiente hacia el urgente desarrollo tecnológico del país; es en ese año que se decide contar con un documento en el que se concentre no solamente la opinión de los académicos, sino también de quienes tienen una visión prospectiva de México.

Es así como surge este proyecto que llevó a la culminación de este libro, en donde se presenta una visión de largo plazo, dando las pautas que permita al sistema educativo nacional contar con una oferta educativa en ingeniería que responda a las necesidades de desarrollo en un futuro relativamente cercano.

La ANFEI reconoce la visión que tuvieron los Comités Ejecutivos que precedieron al que le toca la edición de este libro: al Ing. Jesús Ruvalcaba González por haber dado los primeros pasos hacia los estudios futuribles; al Ing. Jorge Martínez Rodríguez por haberle dado en su gestión, la orientación hacia una planeación prospectiva y estratégica, llevando por primera vez el proyecto al seno de las Regiones de la ANFEI, y dando a la luz una proemera publicación sobre el tema; al Ing. Gerardo Ferrando Bravo, a quien le corresponde consolidar este proyecto, centrando las bases de su futuro desarrollo, a través de la edición de un documento de trabajo; al Dr. Juan Manuel Ramírez Cortés, con quien inicia la etapa de divulgación de los resultados obtenidos hasta ese momento, entre los académicos de las Regiones; el Ing. Ángel Rafael Quevedo Camacho y la Ing. Enriqueta González Aguilar, en cuyo periodo se inicia una nueva etapa de análisis entre las afiliadas, impartándose al menos dos talleres de planeación prospectiva y estratégica en cada una de las Regiones; y finalmente el M. en C. Jesús Reyes García, a quien correspondió el liderazgo de iniciar los estudios finales que llegaron a la hoy publicación de este libro.

Es de justicia hacer un reconocimiento al Instituto Tecnológico Superior de Irapuato, a sus directores generales Ing. José Luis Arredondo García, Lic. María Guadalupe Vega Páez e Ing. Míriam Ruth Arzate Mosqueda, que han tenido bajo su responsabilidad de este Programa Estratégico de la ANFEI, a través de la Vocalía de Planeación y Programación, quienes en todo momento han dado las facilidades para el adecuado desarrollo del mismo, al permitir el que el Ing. Javier Magaña Hernández y el Lic. Alejandro Martínez Sánchez, hayan

tenido a su cargo durante varios años, la organización de los talleres que llevaron el proyecto a todas las Regiones de la ANFEI.

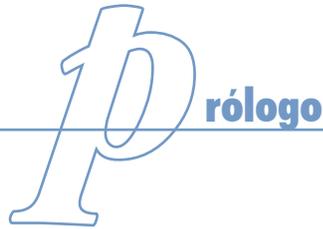
Nuestro agradecimiento al grupo de expertos dedicarle parte de su valioso tiempo y sobre todo por aportar su visión de futuro de la ingeniería y de la educación en ingeniería, cuyas opiniones, que encontrarán en el contenido de esta publicación, forman la parte central de las conclusiones que se vierten en la misma.

Hemos dejado para cerrar esta presentación, el manifestar el invaluable apoyo que le ha brindado a la ANFEI el Dr. Tomás Miklos Ilkovics, quien ha sido asesor de este proyecto, desde los inicios del mismo, y que ha tenido a su cargo la coordinación de esta etapa que concluye con esta publicación, consistente en la recopilación y análisis de la información, establecimiento de conclusiones, y armado y redacción del documento.

El Comité Ejecutivo 2008 – 2010 espera que con la edición de este libro esté cumpliendo con la misión y los objetivos de la ANFEI, al aportar a la educación en ingeniería, además de una metodología para el desarrollo de proyectos similares, un documento de referencia para los programas y planes de estudio; y en general a todas las personas y organizaciones interesadas por la prospectiva de la ingeniería.

Como ya se ha mencionado en esta presentación, ésta no es una publicación con la que se cierra un proyecto, sino que se cierra una etapa de otras más, con la seguridad de que la ANFEI continuará abriendo espacios para el análisis prospectivo de la ingeniería en México.

M. en I. Mario Gómez Mejía
Secretario Ejecutivo ANFEI



La presente obra, **Ingeniería México 2030: Escenarios de Futuro**, que publica la Asociación Nacional de Facultades y Escuelas de Ingeniería (ANFEI), se constituye en un manual de operación y guía para este gremio y para el público en general.

Es en esencia, un valioso e importante instrumento de consulta y referencia sobre la situación de esta área, la que se aborda desde su desarrollo histórico, el presente y la prospectiva de la profesión en sus diferentes facetas, como son la formación de profesionales en las disciplinas de la ingeniería, la diversidad de ramas surgidas como respuesta a las necesidades del entorno y la participación competitiva de los ingenieros en el campo laboral que en el presente problemático que se vive globalmente y que en nuestro país, se convierte en un llamado a sus integrantes para tomar conciencia de que uno de los mayores retos en los mercados globalizados y en continuo cambio, es lograr hacer competitivos los sistemas de innovación regional y nacional manteniendo e incrementando la calidad de vida en las comunidades en las que están insertos.

En este sentido, se establece la misión de la ingeniería que es: “generar, difundir y adoptar el conocimiento en las economías regionales, mediante el establecimiento de redes y asociaciones de actores privados y públicos”, tarea que en el presente ha llegado a constituir una tarea esencial para hacer frente a las políticas nacionales e internacionales como la nueva economía globalizada mediante el empleo crucial de crear lazos entre las empresas y otros usuarios del conocimiento, con la base de conocimientos regionales y la mundial y para hacer factible y sostenible la toma de decisiones basada en estrategias exitosas.

Este reporte, resultado de un laborioso y cuidado proceso de investigación cumple los cánones de un trabajo prospectivo, entendiendo este término como el conjunto de análisis y estudios realizados con el fin de explorar o de predecir el futuro en una determinada área del conocimiento, el que en este caso es la situación real de la ingeniería en la región correspondiente a México, por lo cual en este estudio sobre la prospectiva regional se realizó con la técnica de este tipo de metodología a través de la utilización y participación, desarrollo

de relaciones entre actores, visión y acción y la implementación de la anticipación, la participación y el trabajo en red y la visión más la acción a una escala territorial donde los factores de proximidad se vuelven determinantes.

De igual forma, esta investigación prospectiva regional a una escala territorial, tiene como referente el avance que a nivel mundial se conoce y la propuesta enunciada, como puede apreciarse en el análisis que se realiza en el subtítulo denominado tendencias en el contexto internacional y en el marco de la sociedad del conocimiento, en el que se describe esta situación global, inmersa también en los acelerados procesos progresivos de la tecnología y la innovación tecnológica que indican el esfuerzo que en materia de desarrollo se ha realizado para adecuarse y mantener parámetros de competitividad, iniciando el proyecto de desarrollo e innovación desde las instituciones formadoras de ingenieros, a través de la transformación de sus planes de estudio para crear los profesionales con los nuevos perfiles que requiere esta transformación y buscando una identidad nacional que los lleve a la solución de la problemática presente y futura.

Para ello, en este trabajo se describe puntualmente las experiencias que han desarrollado países de la Unión Europea y del contexto latinoamericano, encontrando similitudes afortunadas y diferencias, las que pueden equilibrarse con el esfuerzo de los profesionales de la ingeniería, contando con el apoyo gubernamental y de la iniciativa privada mediante la inversión de recursos suficientes que incentiven la investigación, modernicen la infraestructura con tecnología de punta y respondan a las expectativas de construcción del camino hacia la competitividad y productividad que como realidades aspiramos los mexicanos.

El análisis de la información que registra el estado del arte de la ingeniería global y los indicadores existentes, si bien no nos ubican en situación privilegiada, sí son desfavorables a la realidad deseada y nos muestran que el camino a recorrer es difícil, y se requiere de acciones múltiples y aportaciones decididas e interesadas de quienes como actores que convivimos en labores de esta área, así como la voluntad política y conciencia de las instancias de gobierno que aporten los recursos para su posibilitación.

El titánico trabajo de consulta bibliográfica, hemerográfica y los aportes calificados de los expertos entrevistados dan mayor validez a los planteamientos de la ANFEI, convierten a este reporte en un documento de consulta obligada y útil para desarrollar el trabajo que cada institución educativa lleva a cabo en la realización de su planeación estratégica, la modificación de planes de estudio con inclusión de nuevas carreras acordes a las necesidades presentes

y futuras que deben aprovecharse de la visión que se proyecta en la realidad y en los escenarios recomendables y posibles, tomando en cuenta la influencia de la pauta globalizadora que ha desmantelado a las empresas de la ingeniería nacional, por la necesidad de dependencia de la tecnología creada en otros países al carecer de la propia por falta de medios y recursos para generarla, y de cómo los saberes en el campo de la ciencia y la tecnología se modifican dejando en la obsolescencia los que se conocen y creando la necesidad de una actualización urgente para ser capaces de participar en el desarrollo global y hacerlo con la dignidad que merece la ingeniería en el ámbito nacional.

En razón de lo anterior, coincido con los investigadores de la ANFEI en que el escenario prospectivo deseable para México, debe prepararse desde ahora poniendo énfasis en la formación de los recursos humanos suficientes y capaces de enfrentar este reto de dominio del desarrollo tecnológico creado en otros espacios y de la producción de propio como aporte a esta cultura general de la ingeniería, modificar y actualizar la infraestructura hasta hacerla competitiva y suficiente para responder a las necesidades del desafío y pugnar porque las políticas públicas sean favorables y efectivas de cumplimiento para garantizar este logro.

El objetivo de la primera etapa del Proyecto de Planeación Prospectiva y Estratégica de la ANFEI que se expresa en el escenario deseable – posible para la ingeniería mexicana está contenido en la intención de alcanzar “Una ingeniería profunda en conocimientos, comprensiva e innovadora en su práctica, con mentalidad competitiva, abierta, práctica y nacionalista, con sensibilidad social, propositiva y vocación clara: “pelear posiciones en la economía mundial.”

La necesidad de vivir esta etapa de competitividad requiere, como se plantea en el reporte; “...contar con escuelas de ingeniería que se conviertan en industrias del conocimiento, certificadoras de calidad; en centros promotores del cambio y generadoras de recursos humanos de alta calidad, fuertemente vinculadas a las empresas; orientadas a nichos estratégicos y regionales, ofreciendo una educación dual: en el aula y en el sistema productivo, con laboratorios que generen círculos virtuosos entre producción – escuela.”

El escenario deseable para el 2030 advierte y propone evitar el estancamiento al que se expone el país en caso de no realizar lo necesario para cambiar las condiciones y alcanzar este objetivo; se requiere la reestructuración de la oferta educativa focalizando las especialidades en atención a los requerimientos tecnoproductivos, empleando las curricula que sean una mezcla de saberes básicos, generales y especializados disciplinarios, interdisciplinarios y mul-

tidisciplinarios, el empleo de modelos pedagógicos y metodologías apropiadas y modernizando su infraestructura.

Sobre la formación de los ingenieros para el futuro, se le requiere en el consenso general como un técnico altamente diferenciado capaz de mediar entre los conocimientos científicos – técnicos y los sistemas productivos, con habilidades empresariales y capacidad de adaptación a diversos ambientes socioculturales que requiere la globalización y ampliamente vinculado con la sociedad y el mercado mediante el logro del cambio curricular

Sobre el papel del Estado, se requiere del impulso de una política de ciencia y tecnología que privilegie los nuevos campos de las ingenierías, fortalezca sus saberes tradicionales y logre la conversión del CONACYT en Secretaría de Estado que incentive la investigación científica y tecnológica y se logre el incremento de recursos a por lo menos el 1% del PIB, lo que permitirá mejorar en todos los aspectos mencionados y en el caso específico de las ingenierías recuperar su papel integrando el diseño, la construcción y operación de la infraestructura y clarificar y especializar los esfuerzos educativos en función de una visión preactiva y estratégica.

La ruta para conseguir lo anterior y propuesta en la hoja de ruta para la primera etapa, destaca la comprensión del sentido del cambio, su interpretación y manera de su adaptación a México, la definición de los campos de desarrollo científico y tecnológico del país y entender la intervención de las escuelas de ingeniería apoyadas por el sistema político económico. La segunda etapa corresponde a la planeación académica para determinar lo necesario en cuanto a perfiles, carreras, currículos, planes de estudio y planes generales de las escuelas y facultades de ingeniería a largo plazo y la planeación del desarrollo regional y local que aporten soluciones y generen la confianza de la ingeniería mexicana como portadora de desarrollo e innovación.

Por lo anterior, el texto de referencia es una guía recomendable para ser aprovechada por los profesionales de la ingeniería y en general para orientar los esfuerzos particulares y generales en el cumplimiento del propósito establecido por la ANFEI, como motor del progreso global en la materia y del desarrollo e innovación del país en esta etapa de cambios y transformación necesarios para responder a las exigencias de la ciencia y la tecnología mundial.

M. en A. Uriel Galicia Hernández
Director General del
Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec

I *a*ntecedentes

I. Antecedentes

1. Objetivo

El presente ejercicio prospectivo tiene como propósito ofrecer una visión de largo plazo (en el horizonte del 2030), sobre el papel que las ingenierías habrán de desempeñar en el desarrollo tecnológico-productivo de nuestro país (productividad y competitividad); de tal manera que permita al sistema educativo nacional construir una oferta de enseñanza que responda con calidad y pertinencia a las necesidades, diversas, cambiantes, lábiles y complejas, de los mercados y la sociedad del futuro relativamente cercano.

2. Enfoque prospectivo

La prospectiva es una visión anticipatoria, proactiva e incitativa. Trabaja con el futuro; se desprende del pasado y del presente para, desde la perspectiva del futuro, diseñar cambios que modifiquen las tendencias negativas y mejoren el presente dentro de lo posible (futurible), siempre guiados por lo deseable (utopía).

Para ello, los caminos y los procedimientos son variados y polimorfos: desde la construcción de indicadores rigurosos hasta las visiones intuitivas de los implicados en el tema, pero siempre anclados en un horizonte temporal de largo plazo que permite a los analistas desprenderse de la coyuntura actual (*presentismo*), romper la alta densidad del presente y alejarse de su determinismo (en el presente, como dice Jouvenel, “los dados están echados”).

Además, el tiempo prospectivo (largo plazo: futuro) no se concibe como una simple línea causal pasado-presente-futuro, sino como un bucle generador de sentido y dirección social que parte de un pasado-presente cierto, hacia un futuro incierto; el futuro devuelve incertidumbre al presente, lo que suscita el cambio, la evolución histórica. La inabarcabilidad del mundo social y sus infinitas representaciones (motivaciones/intereses) asociadas a la dinámica misma de los sistemas sociales que transitan del orden al desorden, y al revés, convierten al porvenir, el futuro, en algo incierto imprevisible, pero sí imaginable.

Las prácticas de la ingeniería se inscriben en los sistemas sociales abiertos, auto-heterónomos y equifinalizados, lo que exige que la

prospectiva se explique desde un contexto complejo e incierto. Para lograr este objetivo, la Asociación Nacional de Facultades y Escuelas de Ingeniería (ANFEI) ha promovido la realización de un estudio prospectivo sobre el futuro de la educación de las ingenierías en México, desde el cual se deriven escenarios que permitan construir ofertas pertinentes para el desarrollo del país, fijando como horizonte temporal de análisis el año 2030. De esta forma, se ha planteado la siguiente pregunta: *¿qué ocurrirá con las ingenierías y, en particular, con la formación de ingenieros al 2030?*

Responder a ello involucra la investigación y opinión de expertos sobre la deseabilidad y factibilidad de que ocurran o no determinados cambios en el porvenir. Las respuestas, convergentes o divergentes, podrán servir de antecedente (primera etapa) para elaborar una planeación estratégica viable y pertinente, que permita delinear contenidos curriculares con visión a futuro (segunda etapa).

En esta primera etapa, se logró construir un documento base que da respuesta a la pregunta prospectiva sobre los **Escenarios de Futuro** a enfrentar. Con este fin, se llevó a cabo una **revisión documental** de análisis prospectivos provenientes de fuentes, tanto internacionales como nacionales, internas y externas a la ANFEI y que contesta a la pregunta: *¿qué se dice sobre el futuro de las ingenierías y cuáles son los indicadores-datos más significativos del presente?*

Después, más recientemente se efectuó una **consulta (entrevistas)** a un selecto grupo de expertos en ingeniería sobre el futuro de la misma, su práctica profesional y los perfiles esperables y deseables de los ingenieros en el siglo XXI, así como sobre las amenazas y oportunidades que los nuevos entornos tecnológicos y productivos plantean a las ingenierías para, posteriormente, compararlos con la **visión de las regiones** que proporcionó el taller de la ANFEI celebrado en Monterrey, en octubre de 2007.

Finalmente, se sistematizaron los resultados y se presentan en este trabajo que busca ser una base para orientar las prácticas profesionales de los ingenieros y las ingenierías del futuro.

Este documento satisface dos propósitos: sentar las bases para la siguiente etapa de planeación (estratégica, esencialmente avocada al perfil curricular de los ingenieros y al rol de la ANFEI en ello), tanto a escala nacional como para cada una de las regiones que conforman la Asociación.

II



**revisión
documental**

II. Revisión documental

A fin de contar con un marco de referencia actualizado para el ejercicio prospectivo a realizar, en seguida se presenta, de manera sintética, una revisión de diversos estudios de futuro que en materia de desarrollo de la ingeniería y la formación de ingenieros se han encontrado como relevantes. Se trata de un panorama del contexto global y nacional sobre factores clave para el futuro de las ingenierías, así como las previsiones y análisis realizados en este ámbito a lo largo de los años recientes.

1. Tendencias en el contexto internacional

1.1. Globalización y sociedad del conocimiento

La globalización es una profundización de la economía de mercado que busca lograr dimensiones mundiales y homogéneas, más allá de las fronteras e identidades locales. Se caracteriza por una rápida, progresiva, acelerada y desigual expansión de flujos y movimientos transfronterizos (virtuales y reales) de bienes, servicios, dinero, tecnología, ideas, información, culturas y población. Este proceso se vale de recursos tecnológicos, sobre todo electrónicos de carácter informático comunicacional, para aumentar la productividad, creando redes informativas que permitan realizar acciones más eficientes.

En esta urdimbre global, se ubican los países que liderean el desarrollo tecnológico y que ahora luchan y compiten por mantener una hegemonía diversa y polimorfa bajo modalidades centradas en la producción de conocimiento. En este nuevo escenario, *disturbing mosaic*, las ingenierías jugarán un papel estratégico: dar viabilidad a sus economías por la vía de la internacionalización de los procesos productivos, lo cual exige un crecimiento continuo basado en la innovación tecnológica, la expansión y modernización de infraestructuras nacionales, así como en la formación y capacitación de más y mejor fuerza laboral (Instituto Euvaldo Lodi. *Inova Engenharia*. Brasilia, 2006).

La ventana de oportunidad, en este escenario, se presenta cuando las posibilidades de creación de nuevos laboratorios y espacios de generación de conocimiento aplicado se internacionalizan y permiten aprovechar las ventajas comparativas de los países que tienen recursos humanos calificados, con salarios competitivos.

Frente a este panorama, las ingenierías, sobre todo las nuevas, abren la posibilidad de que productos y procesos innovadores, sean diseñados y desarrollados en los países emergentes, siempre y cuando éstos logren tener capacidad instalada y capital humano. Por otra parte, se abren espacios para que las pequeñas y medianas empresas se incorporen al proceso generador de riqueza.

De igual manera, la globalización permitirá introducir nuevos métodos productivos en los mercados internos de países en desarrollo, lo cual podría reducir costos en los países desarrollados y aumentar lo que se ha llamado la competitividad sistémica de todas las regiones del mundo. (McKinsey & Company. The emerging global labor market: Part II- The supply of offshore talent in Services. June, 2005).

En esos términos, la globalización exigirá competencias y certificación de la calidad del capital humano, sobre todo de la mano de obra calificada, la cual requerirá, además, nuevas competencias y habilidades referidas a las innovaciones tecnológicas; por consiguiente, será necesario que las ingenierías y el sistema educativo atiendan esta impronta.

Sin embargo, dicha visión positiva de la globalización se enfrenta con el debilitamiento de los estados nacionales con economías en desarrollo o emergentes, que manifiestan inversiones bajas lo mismo en avances tecnológicos como en sus metodologías productivas, lo cual conduce a una incapacidad para construir mercados nacionales prósperos, que garanticen empleo y seguridad social.

La característica del mercado global, transfronterizo, deslocalizado y desnacionalizado, puede ser un mecanismo de dependencia que arruine las políticas públicas orientadas hacia el progreso nacional, regional y local, obligando a los países pobres o de mediano desarrollo, a caminar en el terreno de ser eternos consumidores de tecnologías que provienen de las economías desarrolladas, las cuales además, no necesariamente son pertinentes para atender sus demandas sociales locales y regionales prioritarias. Ello representa una severa amenaza para la viabilidad de países que tienen grandes rezagos económicos, sociales y culturales.

En este sentido, se vislumbran dos estrategias: una, crear riqueza desde la ciencia básica (es el caso de Corea) apoyados en fuertes

inversiones en educación básica y en investigación de frontera; y otra (el caso de Brasil), que apuesta a la formación de una masa crítica de técnicos e ingenieros altamente capacitados (con posgrado) que apliquen el conocimiento y adapten tanto sistemas tecnológicos como las metodologías productivas de los países centrales, aprovechando las “ventajas comparativas y competitivas” de los países en desarrollo, sobre todo como una manera de *adecuar* la estrategia global de los países centrales: el traspaso-deslocalización de la industria tradicional a las regiones periféricas.

1.2. Desarrollo e innovación tecnológica

El signo de nuestra era es el cambio/mutación y la aceleración del tiempo. Dentro de este paradigma, la innovación tecnológica adquiere dimensiones que comprometen seriamente a las profesiones y especialmente a las ingenierías, ya que éstas son las encargadas de producir modelos y conceptos que se aplican a realidades concretas, en contextos sociales diversos, es decir, son altamente susceptibles a los cambios/innovaciones de nuestra sociedad. Vale la pena enumerar algunas características de lo que significa la innovación tecnológica para las prácticas de la ingeniería:

- En el escenario de la globalización, la innovación tecnológica se ancla en las necesidades del mercado y en el ambiente tecnológico mundial, el cual se rige por una racionalidad aplicada a satisfacer necesidades del mercado, por la renovación constante de sus productos y la creciente complejidad de los sistemas tecnoproductivos. Así, las ingenierías se expanden y diversifican, creando un complejo sistema de saberes y aplicaciones que, paradójicamente, desconfiguran y recomponen la profesión del ingeniero y de las ingenierías.
- Las innovaciones de nuestra era global son primicias dentro de un sistema productivo que se expande bajo los esquemas tradicionales, es decir, en serie/masivos, los cuales se especializan rápidamente e implican el uso de estrategias empresariales-productivas complejas, basadas en el aumento e la competitividad.
- Dichas estrategias traen consigo mutaciones en las organizaciones, tanto en la división social y en las téc-

nicas del trabajo, como en los sistemas de información y comunicación con los consumidores: “la reconversión de la producción, adoptando diversas estrategias que pueden ir desde el control de los costos y los procesos de fabricación hasta la adopción de métodos relacionados con la eficiencia de la empresa, tales como reducción de inventarios y supervisión de la calidad, no sólo en el producto, sino en todo el proceso, la generación de nuevos productos, las entregas rápidas. Sean cuales fueran las medidas implantadas para alcanzar niveles de competitividad, las decisiones que se tomen estarán siempre apoyadas en una capacidad creadora y en el uso útil de conocimientos, que no se dirigen a la generación de nuevos procesos de fabricación sino que trascienden a otros ámbitos importantes dentro de la empresa, en donde el recurso humano adquiere relevancia.” (Ruiz Larraguivel, Estela. *La era posindustrial y la formación de ingenieros*. 1998). Los ingenieros tendrán que planear, diseñar y programar modelos y sistemas productivos basados en conocimientos que además de contener los saberes tradicionales del ingeniero (heurísticos y matemáticos) incorporen las habilidades empresariales y gerenciales desde una perspectiva mercadológica, sea ésta social o comercial.

- La innovación es ahora el indicador más significativo del crecimiento en las organizaciones y las empresas. No se trata ya de que estas últimas establezcan ventajas competitivas, sino de crear organismos flexibles y ágiles que respondan a mercados altamente diferenciados y con mucha movilidad: “*en este sentido*, el concepto de innovación presenta una connotación muy elástica que abarca cualquier estrategia que pueda conducir a la empresa al logro de un nivel creciente de competitividad, a partir de las condiciones del mercado y el ambiente tecnológico en el que se inserta la empresa” (Dosi, 1988. Citado en Ruiz Larraguivel, Estela. *La era posindustrial y la formación de ingenieros*, 1998). El ingeniero y la ingeniería tendrán que resolver la confrontación entre el problema y la solución, poniendo en juego la necesidad del cambio, y proponiendo el mejor camino entre ambos, desde lo viable y apropiado. (Feature “Engineering a future”. *Education review*. June 15, 2007).

- Las empresas enfrentan procesos de cambio estructural: del fordismo a fórmulas antipoiéticas que erosionan las tradicionales cadenas de mando (jerarquizadas y verticales) y consolidan esquemas colectivos de trabajo (horizontales), en los cuales toman decisiones colegiadas (no jerárquicas), transmiten rinformación y hacen que los trabajadores asuman compromisos sobre los procesos productivos. Los ingenieros serán requeridos para incorporarse al trabajo colegiado y en equipo, lo cual, tarde o temprano, reconstruirá los estatus y las adscripciones en las organizaciones, otorgando un nuevo significado al rol del ingeniero.
- La información será crucial en el trabajo de los ingenieros, quienes deberán adquirir las habilidades de la alfabetización digital bajo el concepto de aprendizaje continuo.

1.3. Nuevos escenarios y perfiles para la ingeniería

En este marco, donde la globalización acelera el avance de las fuerzas productivas, desarrollando formas de organización novedosas y productos diversos, diferenciados y complejos, emergen nuevos escenarios y perfiles. Según los expertos, las ingenierías tendrán, en el futuro, que actuar en cuatro escenarios (National Academy of Engineering. *The engineer of 2020: Visions of engineering in the new century*, 2004 y National Science Foundation. *Environmental science and engineering for the 21st century*, 2000):

1. El de una revolución científica continua y sin límites, donde los ingenieros explotarán exhaustivamente los conocimientos de la ciencia; éstos beneficiarán a amplias capas de la sociedad y se impulsará a su vez, el nacimiento de nuevas ciencias.
2. El de la revolución biotecnológica, que requerirá de los ingenieros un uso ético-político de los sistemas que desarrollen y apliquen (particularmente en el empleo de los conocimientos de genética).
3. El de la ecología, la cual señala que los desastres naturales y el desequilibrio ambiental serán determinantes en el futuro y que las ingenierías deberán tener respuestas eficaces.

4. El de los cambios globales que modifican a las sociedades, tales como las corrientes migratorias y el terrorismo.

El nuevo perfil del ingeniero

- En el mundo globalizado, el ingeniero requerirá incorporar a su conocimiento tradicional, nuevas habilidades y competencias para un nuevo ambiente productivo. El desarrollo de las ingenierías ha sido codependiente de los procesos de industrialización y éstos le han demandado, en su evolución, ir agregando competencias y habilidades: a las técnicas, las científicas, y a ambas, las habilidades gerenciales. De tal manera que la especialización creciente camina hacia lo que se podría llamar un profesional con enfoque holístico.
- La formación holística será una característica novedosa del ingeniero en el futuro y configurará un nuevo perfil: mentalmente flexible, teórica y técnicamente sólido, y con liderazgo para conducir grupos; que pueda relacionar el conocimiento con los problemas de los mercados globalizados desde una perspectiva sustentable.

Segun el reporte brasileño sobre el futuro de la ingeniería (Instituto Euvaldo Lodi. *Inova Engenharia. Brasilia, 2006*) un ingeniero deberá convivir en comunidades diversas, en donde habrá de resolver problemas cotidianos y específicos, tendrá capacidad para comunicar y trabajar en equipos multidisciplinarios y conciencia de las implicaciones sociales, ecológicas y éticas que los proyectos de ingeniería conllevan. (Smerdon, Ernest. *An action agenda for engineering curriculum innovation, 2000*).

1.4. Nuevos campos para el desarrollo ingenieril

Las ingenierías serán fuertemente requeridas en el futuro. El informe canadiense *Task Force: on the future of engineering* (2005) propone los siguientes campos de intervención para las ingenierías:

Desde el campo de la ciencia y la tecnología:

1. ***Diseño de máquinas creativas y de fabricación personal.***
Basado en las expresiones tecnológicas de los ingenieros,

no tanto surgidas desde las necesidades, sino de la creación de objetos que permitan construir un mundo nuevo y deseado. La era postdigital contará con máquinas de tercera dimensión y programación de microcontroladores que permitirán construir un nuevo entorno tecnológico. Esto hará que se reduzca el tiempo de la enseñanza y aumente drásticamente la práctica en los laboratorios de investigación, *fab labs*, sobre la fabricación personal (*personal fabrication*).

2. ***Nanotecnología, uso de materiales y biotecnología.*** Al controlar las escalas nanoestructurales, los materiales se potenciarán, haciéndose más fuertes y resistentes. La nanotecnología incorporará los conocimientos de la biología y aplicará sus diseños, por ejemplo, a materiales sintéticos. La nanobiotecnología requerirá de nanoingenieros y también de ingenieros especializados en lo que se ha llamado biología sintética.
3. ***Tecnología informacional. Computación ubicua y computación “quantum”.*** Las ingenierías desarrollarán sistemas computacionales proactivos (anticipatorios), mediante la creación de microcomputadoras que obtendrán datos del mundo físico y los transmitirán a través de redes. El corazón de éstas serán los sistemas micro-mecánico-electrónicos. Asimismo, en la frontera de la tecnología informacional, se avizora que las computadoras mutarán a supercomputadoras, diseñadas desde las leyes de la física cuántica, y serán más rápidas y eficaces que las actuales. El silicón será reemplazado por sustancias líquidas, las cuales sustituirán a la actual *caja electrónica*.
4. ***Robótica.*** Se diseñarán y desarrollarán robots autónomos, que interactuarán en entornos de alta complejidad. Los sistemas microelectromecánicos crearán micromáquinas, micromotores, que operarán dentro del cuerpo humano para introducir sustancias o para realizar micro-cirugías.
5. ***Tecnología médica.*** El desarrollo de modelos matemáticos sobre las estructuras-órganos del cuerpo humano hará factible programar dentro de un chip esas funciones, y al colocarlo en un paciente humano le permitirá a la medicina sustituir o reemplazar las funciones de diversos órganos, incluso el cerebro (prótesis neuronales).

Desde el campo de la economía y sociedad:

1. ***Mundo plano y globalización de la cadena de valor.*** Será necesario diseñar formas de organización, infraestructura-estructura-superestructura, que se construyan desde la colaboración entre los individuos (*down-up*), lo cual no sólo profundiza la globalización de las sociedades, sino “aplana” (horizontaliza) las acciones humanas, empoderando a los individuos, y no sólo acercándolos. Por otra parte, el mundo globalizado recrea una nueva cadena de valor, regida por la deslocalización de los centros productivos, que ahora se rigen por sus ventajas competitivas. Las reingenierías de las empresas se vuelven estratégicas.
2. ***Envejecimiento de la población.*** La pirámide poblacional ha mutado dramáticamente. El mundo estará habitado más por viejos que por jóvenes. Deberá diseñarse una sociedad que atienda nuevas necesidades en los campos de la salud, el trabajo, la educación, la vivienda y la cultura.
3. ***La renovación de los saberes.*** La explosión del conocimiento y la información, requerirán de las ingenierías el diseño de estructuras informativas y comunicativas que hagan posible el uso eficiente de la misma, permitiendo arribar a una verdadera sociedad del conocimiento, que garantice información confiable para todos.
4. ***Emergencia de los BRIC (Brasil, Rusia, India y China).*** El surgimiento de nuevas potencias económicas plantea un rediseño del orden mundial, el cual ahora será policéntrico e implicará que los diseños tecnoproductivos eficientes se diversificarán y provendrán de todas partes, aunque la emergencia de los BRIC demuestra que ya representan un liderazgo significativo.
5. ***Seguridad global.*** El terrorismo. La más seria amenaza para la seguridad del nuevo orden mundial es el terrorismo global, el cual proviene de células desconcentradas que vulneran los sistemas de seguridad; por tanto, se requerirán sistemas de vigilancia e inteligencia para responder a las agresiones que ocurran en todo espacio globalizado.

Desde la ecología:

1. ***Depresión de los recursos naturales.*** Principalmente agua, comida y energía. Se necesitará crear nuevos diseños para conservar e incrementar los recursos naturales del mundo. En el siglo XXI, dos tercios de la población vive ya con escasez de agua; el consumo global aumentará y las reservas disminuirán, es de considerar además, que 75% de ella se consume en la agricultura. Por otra parte, la producción de granos deberá aumentar y se tendrá que revertir la desertificación de las zonas agrícolas e introducir innovaciones tecnológicas que permitan el uso de nuevas fuentes de energía. Los sistemas eléctricos serán más eficientes y se regionalizarán bajo la perspectiva de nuevas y diversas fuentes de energía.
2. ***Calentamiento global.*** El aumento en la temperatura de la Tierra provocará efectos inmediatos en la agricultura y en las tierras húmedas, lo cual modificará sus sistemas y técnicas productivas. Las ingenierías necesitarán crear sistemas que detengan/contengan el calentamiento global y generen instrumentos innovadores para enfrentar los síntomas negativos que ya comienzan a vivirse.

Desde la perspectiva de las catástrofes:

1. ***Desastres naturales.*** Las calamidades naturales se han incrementado en los últimos 30 años: de 78 en 1970 a 348 en 2004, y la tendencia indica que seguirán aumentando. Los cataclismos hidrometeorológicos, las erupciones volcánicas, los terremotos, los desplazamientos de tierras, etcétera, requerirán de una ingeniería para la prevención y remediación de desastres.
2. ***Pandemias y enfermedades infecciosas.*** Las amenazas por enfermedades infecciosas se incrementarán en el futuro. Fundamentalmente aquellas provenientes del intercambio comercial y social del mundo globalizado, tales como el Sida-VIH, hepatitis C, tuberculosis, influenza y las provocadas por el *estaphylococcus aureus*. Estas amenazas precisarán de las ingenierías para enfrentarlas, de manera que la tecnología médica desarrolle sistemas de intervención holísticos y complejos, en los cuales las ingenierías seguramente jugarán también un papel importante.

2. El anclaje nacional en el contexto latinoamericano

2.1. La necesidad de construir un camino hacia la productividad y la competitividad

En 1993 la Academia Mexicana de Ingeniería elaboró un documento denominado *Estado del arte de la ingeniería en México y en el mundo* (Academia Mexicana de Ingeniería- CONACyT); en el 2000, la Asociación Nacional de Facultades y Escuelas de Ingeniería (ANFEI) elaboró un *Proyecto de Planeación Prospectiva y Estratégica* sobre el rol de las ingenierías en México, seguido de un estudio sobre *La formación de ingenieros para el siglo XXI* (2002), un reporte de planeación: *Reporte de la Vocalía de Planeación Prospectiva y Estratégica* (2006), y un documento para discusión, de la Vocalía de Planeación Prospectiva y Estratégica (2007): *Potencialización de competitividad en México y la participación de las IES de la ANFEI*, los cuales permiten ir configurando una metodología de planeación institucional que posibilite incidir en el futuro de las ingenierías.

En este marco, se propone como tema principal y estratégico, la *competitividad global*. Se considera que la competitividad es un tema crucial para la viabilidad de la sociedad mexicana, si ésta aspira a ocupar un lugar de liderazgo en el mundo globalizado. De acuerdo con la OCDE, la competitividad es la capacidad para producir bienes y servicios que cumplen y superan las normas de los mercados internacionales y que permite a los países productores incrementar los ingresos reales de sus habitantes (*The World Competitiveness Report*, 1994).

Dicho tema, tanto para la ANFEI como para las Instituciones de Educación Superior (IES) asociadas, es no sólo relevante y pertinente, sino estratégico: ¿cómo puede el sistema científico y tecnológico producir y formar ingenieros, y recursos tecnoproductivos que conviertan al país en competitivo a nivel de una potencia mundial? Se cree que la ANFEI y las IES que la integran pueden incidir en tres aspectos (ejes) de la competitividad: el capital humano, la tecnología y la infraestructura (ver Anexo 1, Ejes estratégicos: temas preferenciales).

Estos ejes han sido considerados como prioritarios en diversos estudios, tales como el elaborado por el CONACyT y la Asociación de Directivos de la Investigación Aplicada y el Desarrollo

Tecnológico (ADIAT): *Prospectiva Tecnológica Industrial de México 2002-2015* (ADIAT, 2004) los cuales señalan que la competitividad será el aspecto clave para desarrollar las ingenierías y a los ingenieros en México. Incluso el reporte muestra que la pérdida de competitividad está relacionada con el descenso en la construcción de 1970 al 2000 y a la disminución drástica de la capacidad del sector ingeniería; asimismo, otros autores nos indican que el descenso en la competitividad se refiere no sólo a la falta de inversión sino a la formación de talentos, de ingenieros certificados por su calidad y capacidad innovadora, así como por una pérdida de sentido en las políticas de desarrollo del país (Jiménez Espriú, *El futuro en México sin ingeniería mexicana. 10 años después 2007*).

Palacios Blanco (2006) señala, además, que los factores que ofrecen ventajas competitivas son ahora la tecnología, el capital humano y la información, factores que nos remiten, siguiendo a Keniche Omaha, al desarrollo de cuatro aspectos:

- a) educación alineada a las cadenas productivas,
- b) desarrollo de sectores productivos,
- c) cultura emprendedora, y
- d) eficiencia y eficacia gubernamental.

En los siguientes apartados se verán algunos indicadores relacionados directamente con la competitividad, referidos a América Latina y a México, que muestran las debilidades y las fortalezas de sus ingenierías.

2.2. El estado de la innovación tecnológica en México

Las actividades científicas y tecnológicas están estrechamente relacionadas con la generación, mejoramiento, difusión y aplicación de los conocimientos del hombre, la cultura y la sociedad.

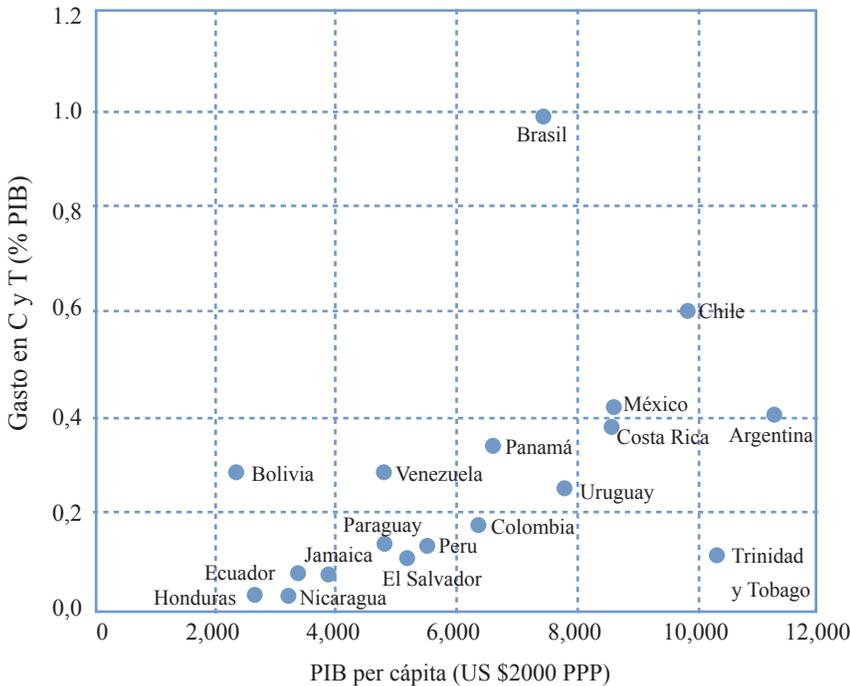
El gasto en ciencia y tecnología (CyT) puede usarse como indicador de inversión para la innovación. Como se observa en la siguiente gráfica, en Latinoamérica y el Caribe (LAC) sobresale Brasil, con un gasto en CyT cercano a 1% de su PIB. Cuba invirtió 0.65% (no aparece graficado) y Chile supera 0.6 %. Los demás países destinaron a las actividades de ciencia y tecnología en 2003, menos del 0.43 por ciento de su PIB, esto es, menos del 20 por ciento del promedio mundial.

En términos reales, en dólares internacionales constantes, ninguno de los países considerados de LAC incrementó consistentemente su gasto en las actividades científicas y tecnológicas durante el periodo 1996-2003. Tampoco se aprecia una política clara de inversión en estos rubros, ya que de un año a otro existen fluctuaciones en las tasas del gasto en CyT respecto al PIB nacional.

En esta gráfica se muestra que sólo Brasil dispone 1% del gasto en CyT, mientras que México invierte 0.4% del PIB. Bajo esta tendencia, será difícil que nuestro país desarrolle una estrategia viable, que le permita entrar en una zona de alta competitividad o por lo menos se acerque a las naciones de alta competitividad.

Otros Indicadores en Ciencia y Tecnología
(México y países seleccionados)

**Gasto en ciencia y tecnología según PIB per cápita en 2003.
América Latina y el Caribe**



Fuentes: UNEP Internet: United Nations Environment Programme GEO Data Portal (<http://geodata.unep.ch/>).

World Bank: World Development Indicators 2006

(<http://devdata.worldbank.org/wdi2006/contents/index.htm>)

Al respecto, Arturo Cepeda y Margarita García (*Ingeniería: palanca de desarrollo*, 2006, pp 7-8) señalan: “Los países de AI (altos ingresos) invierten 30 veces más dólares en investigación y desarrollo tecnológico por cada millón de habitantes que México y tienen 14 veces más ingenieros y científicos en proporción a su cantidad de habitantes; México no ha llegado ni a 1% del PIB en su gasto para investigación y desarrollo, quedando incluso por debajo de la media mundial de 2.35% del PIB. Esto marca una gran diferencia en la cantidad y calidad de los recursos humanos, infraestructura tecnológica y capacidad generadora de tecnología y de capital, que al fin de cuentas es lo que marca la riqueza y nivel de vida de un país”.

Para reforzar lo anteriormente dicho, se presentan 10 indicadores que reflejan la debilidad del sistema mexicano de ciencia y tecnología, comparado, en algunos casos, con países similares (Brasil) o con los altamente desarrollados, como Corea, Estados Unidos y Japón.

Indicador	México	Brasil	Corea	EUA	Japón
1. ARHCyT e/Miles de personas	8,375.5 (2005)	-	-	-	-
2. RHCyTO e/ Miles de personas	4,941.6 (2005)	-	-	-	-
3. RHCyTO, proporción de la PEA ocupada. e/ Porcentaje	12.0 (2005)	-	-	-	-
4. Investigadores por cada 1,000 de la PEA	0.8 (2003)	-	6.8 (2003)	9.6 (2002)	10.4
5. Artículos publicados (participación mundial promedio 1996-2005). Porcentaje	0.65	1.38	1.87	34.2	9.25
6. Artículos publicados por disciplina: ingeniería/total. Número	3,612/ 28,697	7,102/ 63,695	24,203/ 91,509	145,886/ 1,303,942	56,415/ 360,278
7. Patentes solicitadas/concedidas. Número	14,436/ 8,098	-	-	-	-
8. Patentes. Relación de dependencia (2002)	23.8	1.4	1.7	0.9	0.3
9. GIDE/PIB	0.41 (2004)		2.85 (2003)	2.68 (2004)	3.13
10. Balanza de pagos tecnológica. Total de transacciones (2002). Millones de dólares	751		4,054	67,472	17,906

e/ Datos estimados.

1. ARHCyT. Acervo total de recursos humanos en ciencia y tecnología/comprende a toda la población con estudios de licenciatura o posgrado y aquellos ocupados como administradores y áreas técnicas (educación, producción, etcétera).
2. RHCyTO. Población ocupada en actividades de ciencia y tecnología.
8. Relación de Dependencia = Solicitudes de patentes de extranjeros/Solicitudes de patentes nacionales.
9. GIDE. Gasto Interno en Investigación y Desarrollo Experimental.

Fuente: Indicadores de ciencia y tecnología, CONACyT. México 2006.

Quizá el dato más preocupante de este grupo de indicadores lo representa la relación de dependencia en las patentes, lo que muestra claramente un rezago en la formulación de una política tecnológica como factor estratégico de desarrollo.

Cepeda (2006) refuerza lo anterior con datos dramáticos: “Si la cantidad de patentes indica la capacidad de innovación, en este rubro también estamos sumidos en un pernicioso letargo, que se pone de manifiesto al observar que los países con AI (Altos ingresos) tienen 7 veces más patentes por año por cada millón de habitantes, y sus pobladores patentan 147 veces más en proporción, es decir, mientras que en los países de altos ingresos se realizan 880 patentes anuales por sus habitantes, por cada millón de ellos, en México sólo se presentan 6 patentes por año por parte de los mexicanos, por cada millón de habitantes”.

2.3. La incidencia en la competitividad

La competitividad de un país tiene relación con su participación en los mercados mundiales y está vinculada con la productividad y las condiciones para el crecimiento sostenido.

El Índice de Competitividad del Crecimiento evalúa la capacidad económica de 117 naciones para lograr un progreso económico sostenido en el mediano plazo, considerando su nivel de desarrollo actual. Está compuesto por tres categorías de variables importantes para el crecimiento económico a mediano y largo plazo: la tecnología, las instituciones públicas y el entorno macroeconómico. Para ello, se toma en cuenta el crecimiento real del Producto Interno Bruto (PIB), los riesgos país, las telecomunicaciones, las exportaciones totales y el gasto en desarrollo e investigación, entre otros rubros.

El Índice de Competitividad del Crecimiento del Foro Económico Mundial (FEM) correspondiente al año 2005, ubica a México en el lugar número 55 (ha descendido en esta clasificación, pues en el año 2002 ocupaba el lugar número 47), por debajo de países como Chile (lugar 23) y España (29). En los primeros tres lugares se encuentran Finlandia, Estados Unidos y Suecia.

Para analizar los procesos de crecimiento en un sentido más amplio, el FEM diseñó un nuevo indicador: el *Global Competitiveness Index* (2006), el cual se mide sólo entre 60

países, incorpora nueve criterios y una nueva estructura de ponderaciones. Asimismo, la competitividad está asociada a la conectividad. Es uno de los índices que constituyen los indicadores aceptados internacionalmente (los otros dos son la legitimidad y la estabilidad económica).

Al parecer, un ascenso en la competitividad está ligado a un aumento en la conectividad, que es un indicador complejo, pues se constituye por la infraestructura disponible, el desempeño con respecto a esta infraestructura y por las habilidades-competencias para operarla.

La conectividad es también un factor de equidad. El contraste para la competitividad podría ser la inequidad, que, igualmente, se vería reflejada en una pobre o rica conectividad.

Por otra parte, si se analiza el PIB, en su más reciente publicación de los indicadores (*World Development Indicators*), únicamente Puerto Rico y Haití, de los 23 países considerados para el análisis de LAC, no aparecen como economías de ingresos medios; la de Puerto Rico es clasificada como de altos ingresos y la de Haití de bajos. Argentina, Chile, Costa Rica, Jamaica, México, Trinidad y Tobago, Uruguay, Panamá y Venezuela están calificados como de ingresos medios-altos y los otros 12 países de LAC son ubicados como de ingresos medios-bajos.

El PIB *per cápita* (PIBC) de LAC ha crecido de 5,672 a 7,568 entre 1975 y el 2004, de acuerdo con los datos del GEO Data (Portal de la *United Nations Environment Programme* (UNEP)).

En general, el comportamiento del PIBC en los países de Latinoamérica y el Caribe registrados en estos últimos treinta años, ha sido bastante más irregular que lo mostrado a nivel regional. En ciertos casos resulta complicado definir alguna tendencia, y en otros pueden obtenerse tasas negativas de crecimiento.

Si a escala nacional se aplican los mismos ritmos de crecimiento del PIBC, a partir de las tendencias corta y larga regionales, se obtienen tasas promedio anuales hacia el 2025 de entre 0.6 y 3.2% del PIB para los países, dependiendo del aumento poblacional proyectado por Naciones Unidas (*Population Database* <http://esa.un.org/unpp/>). Este rango de tasas medias anuales para el PIB de la mayoría de los países considerados de LAC, parecen razonablemente factibles.

Competitividad según Índice (posición de países seleccionados)

Competitividad mundial

País	Competitividad del crecimiento	Competitividad mundial
México	55	56
Estados Unidos	2	1
Finlandia	1	6
Hong Kong	28	2
Chile	23	19
España	29	38
China	49	31
Argentina	65	58
Brasil	72	51

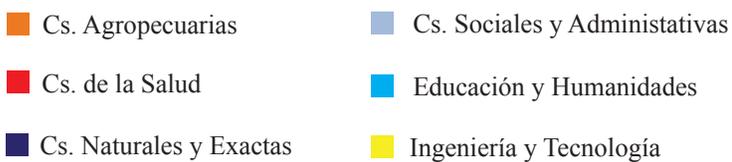
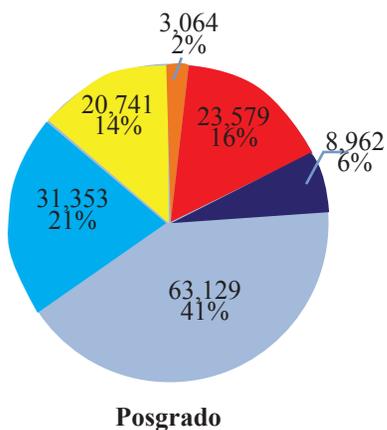
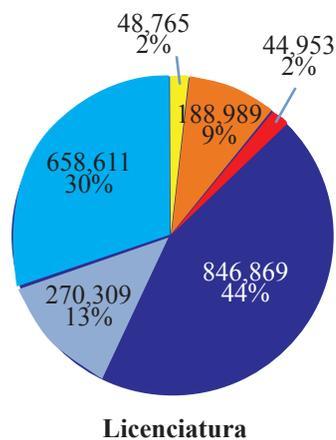
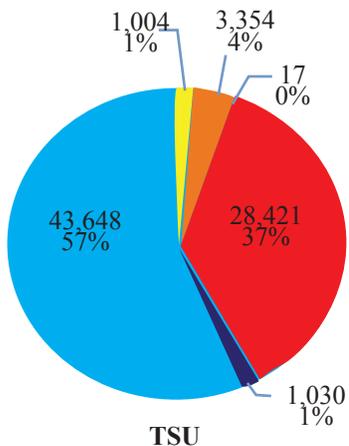
Fuente: Global Competitiveness Report 2005-2006, FEM, y IMD World Competitiveness Yearbook 2005

En este contexto, los resultados para México indican una posición competitiva relativamente baja, con respecto a países competidores como Chile y Brasil. La posición competitiva es un reflejo de la productividad y una expresión indirecta del rezago en desarrollo tecnológico y en educación. Si bien es precisa la combinación de múltiples factores, resulta necesario contar con acceso y aplicación a tecnologías de punta. Será, entonces, indispensable comparar y cotejar estos datos sobre la competitividad mexicana con los indicadores respecto a la formación de ingenieros en México.

2.4. Indicadores sobre la educación en ingeniería en México

La matrícula de las ingenierías representa 57% de los niveles técnicos, 30% de la licenciatura y 14% del posgrado. El porcentaje de la matrícula disminuye conforme asciende el nivel educativo:

Matrícula escolarizada por área de conocimiento

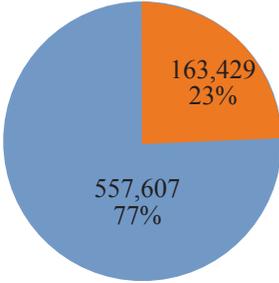


Educación en Ingeniería y Tecnología Matrícula 2004-2005 por Nivel y Tipo de Servicio

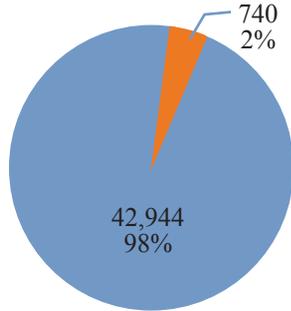
■ Público

■ Particular

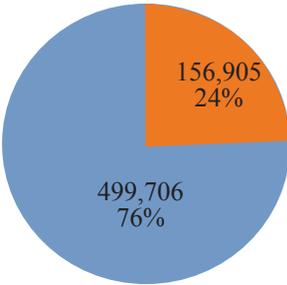
Total: 721,036



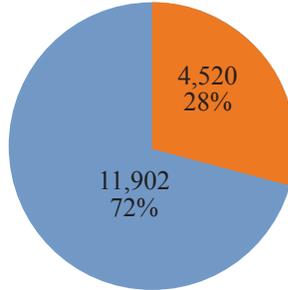
Técnico Superior
Total: 43,684



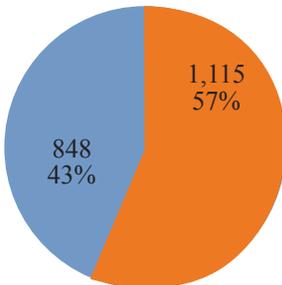
Licenciatura
Total: 656,611



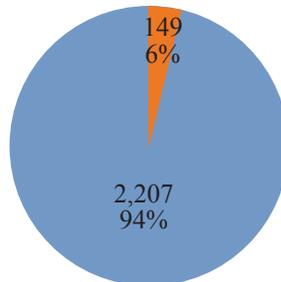
Maestría
Total: 16,422



Especialidad
Total: 1,963



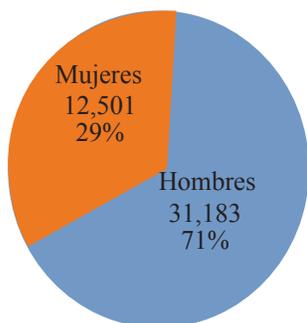
Doctorado
Total: 2,356



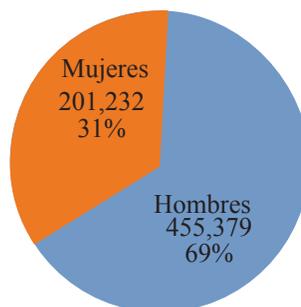
Las mujeres representan un tercio de la población en las escuelas de ingeniería:

Educación en Ingeniería y Tecnología Distribución por género y nivel de estudios

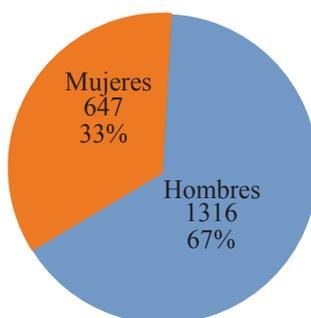
Técnico Superior



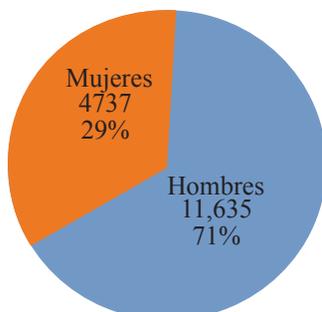
Licenciatura



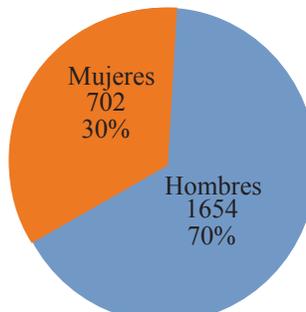
Especialidad



Maestría



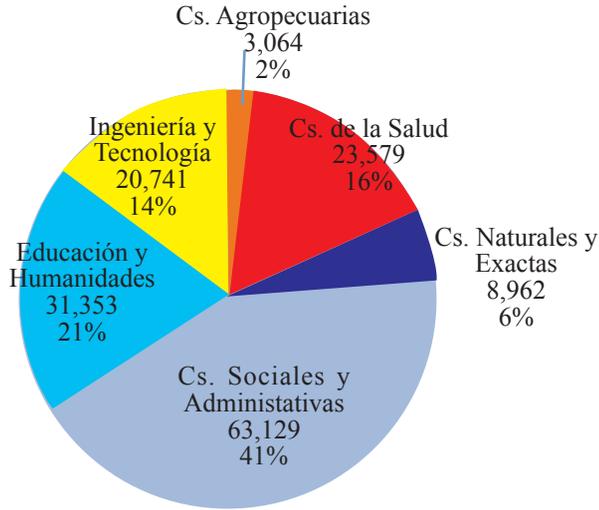
Doctorado



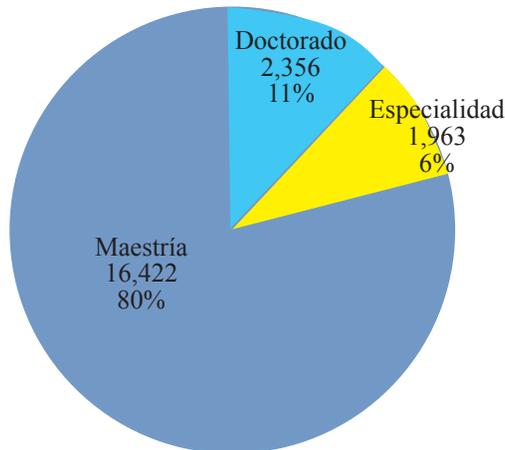
Las ingenierías representan 14% de la matrícula nacional de posgrado. La composición de ésta junto con tecnología, se encuentra fuertemente concentrada en el nivel maestría: 80%. El doctorado constituye 11% y las especialidades 9%.

Educación en Ingeniería y Tecnología Posgrado

Composición de la matrícula de posgrado por área de conocimiento



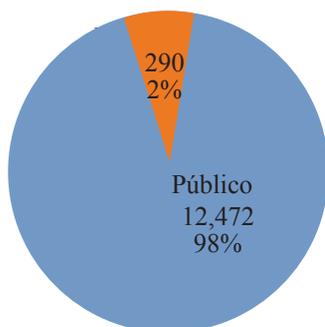
Composición de la matrícula de posgrado en Ingeniería y Tecnología



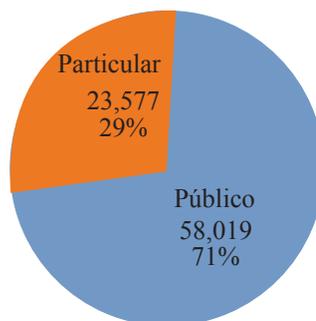
Educación en Ingeniería y Tecnología

Egresados por nivel educativo

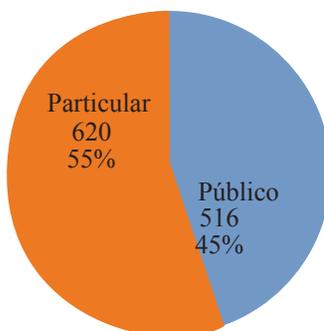
Técnico Superior



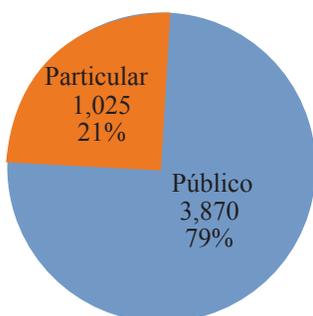
Licenciatura



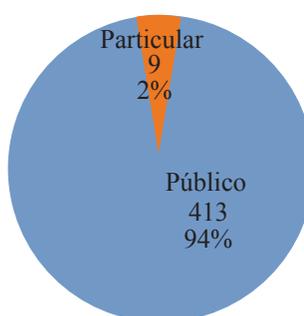
Especialidad



Maestría



Doctorado



Fuente: Subsecretaría de Educación Superior. El Programa Nacional de Educación 2001 – 2006. Un primer análisis de sus impactos en el desarrollo y fortalecimiento del Sistema de Educación Superior. XXXII Conferencia Nacional de Ingeniería ANFEI.

De la educación pública egresan 94% de los doctores, 79% de los maestros, 71% de los licenciados y 98% de los técnicos superiores.

En síntesis, la formación de los ingenieros se concentra en la educación pública (más del 70% de la matrícula). Ésta tiene una baja representación a nivel nacional, sobre todo en posgrado. En las ingenierías, se concentra en las maestrías y menos en el doctorado o en las especialidades. El nivel de participación de las mujeres sólo representa un tercio de la matrícula.

Referencias Documentales

Academia Mexicana de Ingeniería; CONACyT (1993). *Estado del arte de la ingeniería en México y en el mundo, México.*

Académie des Sciences (2004). *Principaux enjeux et verrous scientifique au début du XXIe siècle, Synthèses des rapports sur la science et la technologie, Paris, Avril 2004.*

ADIAT y CONACYT (2004). *Prospectiva Tecnológica Industrial de México 2002-1015. CONACYT, Asociación de Directivos de la Investigación Aplicada y el Desarrollo Tecnológico (ADIAT), México.*

ANUIES (2004). *Anuario estadístico. Población escolar de licenciatura y técnico superior en universidades e institutos tecnológicos, México.*

Asociación Nacional de Facultades y Escuelas de Ingeniería, ANFEI (2000). *"Proyecto de Planeación Prospectiva y Estratégica" (Documento de trabajo).*

Asociación Nacional de Facultades y Escuelas de Ingeniería, ANFEI (2002) *La formación de ingenieros para el siglo XXI (Planeación prospectiva y estratégica). Septiembre.*

Asociación Nacional de Facultades y Escuelas de Ingeniería, ANFEI (2006). *"Reporte de la vocalía de Planeación Prospectiva y Estratégica" (Documento de trabajo).*

Bordogna, J. Spectrum. *The 21st Century Engineer. IEEE. Volume 38, Issue 1, Jan. 2001 Page(s): 17–19.*

Brunner, José Joaquín Paulo Santiago, Carmen García Guadilla, Johann Gerlach y Léa Velho (2006). *Análisis Temático de la Educación Terciaria. México. Nota de país. OCDE. Dirección de Educación. Noviembre de 2006.*

- Cepeda, Arturo y Margarita García (2006).** *“Ingeniería: palanca de desarrollo”*, México.
- Cette, Gilbert (2004).** *Productivité: les États-Unis distancent l’Europe. Futuribles, N° 299, Paris, 2004.*
- CONACyT (2006).** *Indicadores de actividades científicas y tecnológicas. Edición de bolsillo. CONACYT, México.*
- European Comision (2005).** *Workshop on future services engineering. Report of meeting held in Brussels on 11th november 2005.*
- Feature (2005).** *“Engineering a future”.* Education Review, june 15, 2007.
- Fundación OPTI, Observatorio de Prospectiva Tecnológica Industrial, y FENIN, Federación Española de Empresas de Tecnología Sanitaria. Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. Madrid (2004).** *“El Futuro de los Biomateriales. Tendencias tecnológicas a mediano y largo plazo. Ciencias de la Salud”.* España.
- IMD(2005).** *World Competitiveness Yearbook 2005. 13 May 2005 - Lausanne, Switzerland.*
- Instituto Euvaldo Lodi (2006).** *Inova Engenharia, propostas para a modernizacao da educacao em engenharia no Brasil, Brasilia, SENAI /DN IEL.NC.*
- Jiménez Espriú, Javier(2007).** *“El futuro de México sin ingeniería mexicana. 10 años después”.* Academia de Ingeniería.
- McKinse & Company (2005).** *The emerging global labor market: Part II- The supply of offshore talent in Services. June 2005.*
- National Academy of Engineering (2004).** *The engineer of 2020: Visions of engineering in the new century. ISBN: 978-0-309-09162-6, 2004.*
- National Science Foundation (2000).** *Environmental science and engineering for the 21st century. The role of the National Science Foundation. February, 2000.*
- Palacios Blanco, José Luis (2006).** *Bajío 2030: Escenarios de competitividad. CIATEC-IMPLAN. León.*

Rubio Oca, Julio (coordinador) (2006). *La política educativa y la educación superior en México. 1995-2006: Un balance.* México, FCE/ SEP.

Rugarcía, Armando, Richard M. Felder, Donald R. Woods, James E. Stice. *"The future of engineering education III. Developing critical skills."*s/f

Rugarcía, Armando, Richard M. Felder, Donald R. Woods, James E. Stice *"The future of engineering education I. A vision for a new century"*s/f

Ruiz Larraguivel, Estela (1998). *"La era posindustrial y la formación de ingenieros".* Perfiles Educativos, enero-junio, número 79/80. Universidad Nacional Autónoma de México, México, 1998.

Smerdon, Ernest T. (2000). *"An action agenda for engineering curriculum innovation".* Presented at the 11th IEEE-USA Biennial Careers Conference, november 2-3, 2000, San Jose, California.

The Canadian Academy of Engineering (2005). *Task force on the future of engineering. A Framework for Discussion.* December, 2005.

The Royal Academy of Engineering (2003). *The future of engineering research.* 29 Great Peter Street, Westminster, London, SW1P 3LW. August, 2003.

United Nations Environment Programme (UNEP)(2006). *GEO Data Portal.*

Vocalía de Planeación Prospectiva y Estratégica, Asociación Nacional de Facultades y Escuelas de Ingeniería, ANFEI (2007). *"Potencialización de competitividad en México y la participación de la IES de la ANFEI"*(Documento de trabajo).

World Bank (2006). *World development indicators.*

World Economic Forum (2006). *Global competitiveness. Report 2005-2006.*

III



**a consulta:
entrevista
a expertos**

III. La consulta:

Entrevista a expertos

1. Consideraciones metodológicas

La consulta a expertos representa uno de los procedimientos habituales en el campo de la prospectiva, ya que permite dilucidar cualitativamente, con base en opiniones informadas y razonadas, los futuros posibles. Por ello, como parte sustantiva de este ejercicio prospectivo, se llevó a cabo una consulta (bajo la modalidad de entrevistas) a un selecto grupo de especialistas en ingeniería o en los temas relevantes para este estudio (transformaciones de las prácticas de la ingeniería, papel que juegan las escuelas, desarrollo tecnológico, etcétera), elegidos por su reconocida trayectoria profesional y su amplio conocimiento tanto del campo de las ingenierías como de la dinámica productiva y social en la que se insertan los ingenieros, así como por su visión de largo plazo. De conformidad con la metodología seleccionada, se trata de una muestra normativa cualitativa y no de un muestreo estadísticamente representativo. La selección de los entrevistados se efectuó de común acuerdo entre la directiva de la ANFEI y los consultores.

Para realizar las entrevistas se elaboró un cuestionario (ver Anexo II) que contempló dos preguntas fundamentales: una referida a los cambios ocurridos en los últimos treinta años, y otra enfocada a lo que ocurriría en el futuro con un horizonte al 2030. A partir de la respuesta a estas preguntas básicas, se formularon reactivos para los ejes vinculados con la productividad: capital humano, desarrollo tecnológico, infraestructura y políticas públicas.

La significativa información que se obtuvo, muestra la magnitud de la diversidad de enfoques y la convergencia de puntos de vista sobre el objeto a explorar. Permite, además contar con un ramillete de opiniones diversas y plurales sobre temas controvertidos o polémicos. El resultado contiene o resume un conjunto de percepciones-opiniones con respecto al pasado (retrospectiva) y al futuro (prospectiva) de la ingeniería en México y el mundo. Asimismo, las entrevistas arrojaron datos y explicaciones sobre cuatro aspectos esenciales, previamente acordados, que dinamizan las prácticas de las ingenierías, como son: el perfil del ingeniero, las políticas públicas, el desarrollo de la tecnología y el de la infraestructura pública y privada.

Las opiniones aquí vertidas no constituyen un análisis formal, sino un ejercicio de reflexión colectiva, de índole cualitativa y significativa (no representativa), que nos muestra cómo un conjunto de líderes interpretan la situación actual de la ingeniería mexicana y la proyectan desde su perspectiva hacia el futuro.

Lo valioso es lo que dicen desde su *expertise* (experiencia profesional) y lo que sienten como debilidades, amenazas, oportunidades y fortalezas respecto a la ingeniería. Condensando convergencias, a continuación se presentan las opiniones recabadas en la consulta.

2. Participantes

Ing. Julián Adame Miranda

Instituto de Investigaciones Eléctricas. Director Ejecutivo.

Dr. Antonio Alonso Concheiro

Analítica Consultores Asociados. Consultor.

Ing. Arturo Cepeda Salinas

Comité Mexicano de Informática. Presidente.

Ing. José Manuel Covarrubias Solís

Universidad Nacional Autónoma de México. Tesorero.

Dr. Luis Fernández Zayas

Foro Consultivo Científico y Tecnológico. Coordinador General.

Dr. Óscar González Cuevas

División de Ciencias Básicas e Ingeniería, Universidad Autónoma Metropolitana – Azcapotzalco. Académico.

Dr. Pedro Luis Grasa Soler

Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey - Campus Estado de México. Director General.

Dr. Diódoro Guerra Rodríguez

Centro Mexicano de Estudios de Ingeniería para el Desarrollo (CE-MEID). Presidente.

Ing. Javier Jiménez Espriú

Consejo de Administración del NEC de México. Presidente.

Lic. Julio Millán Bojalil

Consultores Internacionales, S.C.

Dr. Felipe Ochoa Rosso

Ochoa y Asociados.

M. en C. Felipe A. Rubio Castillo.

Centro de Ingeniería y Desarrollo Industrial (CIDESI). Director General.

Ing. Luis G. Torreblanca Rivera

Centro de Innovación Aplicada en Tecnologías Competitivas (CIA-TEC). Director General.

Dr. José Enrique Villa Rivera

Instituto Politécnico Nacional. Director General.

Dr. Emilio Zorilla Vázquez

Consultoría Interconsult Industrial. Director General.

3. Resultados: Escenarios**3.1. Escenario retrospectivo: el origen de la tendencia**

Existe unanimidad en la visión de los expertos: las ingenierías han experimentado fuertes cambios que resignifican su práctica profesional, la cual, ahora, se ha vuelto altamente diferenciada y compleja.

Estos cambios los ubican en el portentoso desarrollo de las ciencias en general, y de la física y la biología en particular, así como en el desarrollo de las nuevas tecnologías de la información y comunicación (TIC); que han construido una nueva economía basada en el intercambio de datos, llamada “sociedad del conocimiento”. Estas fuerzas innovadoras han impactado todo el quehacer humano, pero en el campo de las ingenierías las ha transformado profundamente, incluso han desvaneciendo su identidad tradicional (constructora), para reconvertirla en una identidad polimorfa, centrada en un saber interdisciplinario, principalmente físico-químico-matemático, que integra otras disciplinas provenientes del comportamiento humano y que les otorgan un nuevo perfil: un mediador entre la ciencias y los sistemas tecno-productivos. Sin embargo, a pesar de esta megatendencia, el proyecto modernizador ha provocado en las economías en desarrollo un serio problema de ajuste y renovación. En este sentido, los especialistas entrevistados nos muestran los efectos negativos y positivos de dicha mudanza histórica:

La pauta globalizadora desmantela las empresas de ingeniería nacionales

La liberalización del mercado a escala mundial (que comienza al inicio de los años sesenta), resultó ser una estrategia de los países desarrollados para colocar sus excedentes en mercados más vastos y en todo el orbe; estrategia basada en su avance tecnológico que

les permitía obtener costos bajos y productos de calidad. Los efectos de esta pauta se pueden resumir en tres aspectos:

Primero: se ha formado una conciencia global para crear infraestructura pública sin recursos financieros suficientes. En la década de los ochenta, se dio un cambio en todo el mundo hacia nuevas modalidades de financiamiento, compartidas con la iniciativa privada. Ahora, ésta asume los riesgos junto con el Estado.

Segundo: el esquema de la globalización hace crecer la demanda de infraestructura pública nueva, en los países emergentes y genera una demanda, 50% del total mundial, que es aprovechada por firmas y empresas e ingenierías internacionales (europeas, norteamericanas, japonesas y australianas).

Tercero: la ingeniería organizada y los constructores pasan de la producción de infraestructura basada en “inventario de proyectos”, a la operación de infraestructura.

En México, ello se empieza a manifestar a partir de los años sesenta y se intensifica en las décadas de los ochenta, noventa y continúa hasta nuestros días. Antes de este periodo, las obras de ingeniería eran tareas del Estado, mismo que asignaba a empresas privadas tal o cual construcción; todo giraba en torno a las decisiones del gobierno. La iniciativa privada, fundamentalmente empresas mexicanas, ejecutaban, pero no tenían injerencia en las decisiones sobre la pertinencia de los trabajos. Para 1994, con el colapso económico, la inversión pública en infraestructura decreció de 4 % al 2% del PIB.

Actualmente, el gobierno invierte 2% del PIB y la iniciativa privada 1.5%, sin embargo, México requiere inversiones de 6%. Para el año 2000, la ingeniería mexicana estaba prácticamente desmantelada. El 80% de la infraestructura pública contratada, la realizaban empresas extranjeras. El cambio en la manera de financiar los proyectos excluyó a las ingenierías mexicanas.

A partir del ingreso de México al GATT (1985) comenzó un desmantelamiento de la industria mexicana de electrónica y de comunicaciones, que se prolongó hasta los años noventa. Sólo sobrevivieron las empresas que desarrollaron tecnologías propias o que mantuvieron “bancos tecnológicos” con los que pudieron ofertar nuevos productos. Durante los últimos 30 años

se perdió gran parte de la capacidad instalada. Las grandes firmas fueron desplazadas y sustituidas por compañías extranjeras que realizaron grandes obras, e incluso las financiaron. Aunque la cantidad y la calidad de los ingenieros fue igual, no existió una estructura de mayor nivel para afrontar los retos de las grandes obras. Esto provocó una gran dispersión de los ingenieros y un debilitamiento del poder negociador del gremio. La ingeniería mexicana se desarticuló.

La crisis de la ingeniería mexicana se debe en parte a políticas fallidas, y no a la formación de ingenieros, quienes siguen siendo muy competentes. La crisis está focalizada en el aspecto financiero. Tiene que ver con los esquemas de licitación para los concursos de obras públicas que no favorecen a los grupos o empresas de ingeniería mexicanas. El volumen de producción nacional disminuyó y muchas industrias y empresas desaparecieron al contraerse el mercado. Los estudiantes más brillantes emigraron a otras carreras mejor pagadas.

El panorama en los últimos 30 años ha experimentado un cambio fundamental en las políticas de empleo del país: se esfumaron las grandes empresas mexicanas en la ingeniería y con ello los grandes proyectos y los recursos para el desarrollo tecnológico; “somos exageradamente dependientes”. El 0.4% del PIB en gasto en ciencia y tecnología es insuficiente.

Además, la globalización exporta, deslocaliza, los centros de diseño y producción y los focaliza en los lugares donde existen “mentes de obra” (a diferencia de mano de obra) más baratas.

El uso de las TIC innova las prácticas de la ingeniería

Cambios fuertes y radicales; “brutales”, en todas las áreas de la ingeniería. Fundamentalmente, el cambio tiene que ver con la llegada de las TIC y su manejo con fines productivos, que ahora permiten un acceso a la información, lo cual modifica, entre otras cosas, la normativa de la ingeniería. En México, el Tratado de Libre Comercio transforma el paradigma productivo y las grandes obras de la ingeniería se concursan internacionalmente, provocando una crisis en las prácticas de la ingeniería nacional. La investigación que se realiza, está asociada ahora con las grandes empresas extranjeras que concentran información deslocalizada y desterritorializada.

El gran cambio lo ha generado la tecnología computacional, que impactó a las ingenierías de una manera radical, desarrollando sistemas de diseño, automatización y velocidades mayores en los procesos productivos, y utilizando el recurso de la simulación para corregir e innovar de manera rápida y eficiente.

El desarrollo de la tecnología ha sido impresionante en los últimos 30 años. Las ingenierías, al ser las traductoras de los conocimientos científicos, se han convertido en un instrumento de innovación y cambio, sobre todo en los campos de astronomía, biología y medicina. Sin embargo, México no desarrolló un esquema de formación de recursos humanos que permitiera aprovechar los avances de la ciencia. Existe un rezago muy significativo. La producción de patentes es paupérrima y no se tiene una verdadera política de ciencia y tecnología.

La velocidad de las innovaciones tecnológicas, su proliferación y la obsolescencia de los saberes

Se observa un adelanto vertiginoso de las tecnologías que impactan a las ingenierías y son, precisamente, aquellas que las diseñan, elaboran y aplican. Han surgido campos nuevos que agregan valor a los productos: la mecatrónica, la robótica, la telemática, los nuevos materiales, la biotecnología, la nanotecnología, etcétera. Todos ellos se instalan en una economía del conocimiento.

La ciencia y la tecnología avanzan rápidamente, ampliando los campos del conocimiento y sus aplicaciones. Esto desarrolla a las ingenierías del mundo, las que diversifican y renuevan sus saberes a una gran velocidad.

En este sentido, México prácticamente no invierte en ciencia y tecnología. Se rezaga en las áreas tradicionalmente consideradas fuertes: mecánica de suelos, ingeniería sísmica, aeronáutica, telecomunicaciones, farmacéutica, nuevos materiales y desarrollo de la agricultura.

México pierde competitividad y se atrasa con respecto a los países desarrollados. La inversión en ciencia y tecnología se estanca en un magro 0.3 o 0.4% del PIB. Se descuidan áreas distintas, como la investigación marítima. Surgen nuevas escuelas pero sigue habiendo una decadencia paulatina o se relegan áreas tradicionales como la minería o la agricultura.

Pese al impresionante (avance) de la tecnología en las últimas tres décadas, las ingenierías, al ser las traductoras de los conocimientos científicos, se han convertido en un instrumento de innovación y cambio, sobre todo en los campos de la astronomía, biología y medicina. Pero México se encuentra disperso en su reacción a este cambio y con una respuesta desigual y desordenada.

Hoy, existen saberes y carreras de la ingeniería que hace treinta años no se conocían; es el caso de los nuevos materiales y de la nanotecnología. También se han conjuntado carreras, como la robótica, en la que se mezcla la ingeniería eléctrica con la mecánica. En México hay talento, recursos humanos, para crear tecnologías; pero no ha habido estímulos, sobre todo económicos. El gobierno siempre ha tenido una visión de corto plazo y no ha invertido en ciencia y tecnología. A pesar de ello, somos líderes en algunos campos, por ejemplo en estudios sobre el genoma o en el diseño y construcción de presas.

En el caso mexicano, la amenaza que puede representar el que dejemos de ser productores de tecnología, convierte a la ingeniería mexicana en mano de obra calificada a precios competitivos. Se deberá aprovechar esta ventaja competitiva.

Por otra parte, la transformación de los *materiales* ha dado un vuelco a todas las prácticas de la ingeniería: mayor calidad, diversidad y resistencia de los mismos, e innovación en todos los campos. Los cambios y las innovaciones tecnológicas, han hecho que la tasa de obsolescencia de los saberes de la ingeniería se modifique rápidamente, a razón de al menos cinco años, y en ocasiones con mayor velocidad.

Al estar estrechamente ligadas las ingenierías con la actividad económica, éstas cambian según dicha actividad. En México, ello se expresó por el surgimiento de nuevas áreas: la computación, la nanotecnología y la biotecnología, entre otras, que diversificaron la oferta educativa y cambiaron el mundo laboral. Los ingenieros se transformaron de acuerdo con las nuevas demandas de la economía. En este sentido, la velocidad de reacción de las escuelas de ingeniería fue, por lo general, muy lenta frente a las demandas de la nueva economía. Se produjeron menos ingenieros y las ingenierías tradicionales perdieron espacios. Asimismo, las ingenierías se han vuelto más “terminales” y menos de saberes básicos.

3.2. Escenario prospectivo: el tablero de juego del futuro

La visión de futuro que los expertos externaron durante las entrevistas, se configura en torno a las tendencias del modelo productivo, el cual seguirá intensamente ligado al desarrollo técnico científico y a las improntas del mercado: novedad y ventajas comparativas y competitivas. Las ingenierías tendrán que trabajar en el campo de la innovación y la competitividad. Los productos crecerán más por dentro y las ventajas competitivas se registrarán por la velocidad en incorporar estas mejoras al producto. Los campos del futuro se encuentran en la nanotecnología, la biónica y los nuevos materiales. La velocidad y el cambio serán los motores de la economía del futuro, sin embargo, los nuevos productos seguirán requiriendo de infraestructura básica. Estas son las opiniones de los expertos:

La dinámica de mercado de la ingeniería global

Al reducirse los márgenes de utilidad, la industria de la construcción tenderá a escalarse. Se formarán grandes grupos constructores y grandes empresas diseñadoras concretarán alianzas coyunturales con empresas nacionales, mismas que seguirán atendiendo solamente una demanda local o regional, pero dependerán de las tecnologías de las grandes constructoras o de las boutiques de diseño. La impronta de la competitividad exigirá desviación cero en costo y calidad en los proyectos de ingeniería, los cuales deberán integrar construcción y diseño.

Las ingenierías serán cada vez más caras en los países desarrollados. Éstas se desplazarán a los espacios periféricos. Los países líderes conservarán ciertos nichos estratégicos de las ingenierías para mantener su hegemonía y no dejarán espacio para otros desarrollos.

En el futuro se acentuará la división del trabajo. Las grandes empresas se van a reconfigurar en forma de consorcios y pequeñas empresas, y van a recurrir al *outsourcing*. La preocupación por el ambiente aumentará. La escasez del agua será un problema mundial grave. Se producirán cambios en las fuentes de energía, sobre todo la nuclear. Habrá plantas de generadoras más pequeñas y se desarrollarán las fuentes de energía eólica. Las ciudades grandes crecerán más en número que en tamaño, y la población emigrará principalmente a las costas razonablemente seguras (considerando el cambio climático).

Dada la tendencia, el país se convertirá en un proveedor de servicios; no obstante, podría nivelarse si se tomara en cuenta el avance de la agricultura y la manufactura, las cuales podrían disminuir no sólo las importaciones, sino los desequilibrios entre los sectores productivos. Para ello, los recursos humanos altamente capacitados (con conocimientos sólidos en las ciencias básicas) serán necesarios y estratégicos para construir una sociedad viable y fuerte, con un mercado interno sólido.

Los grandes cambios para el futuro

La industria aeronáutica se desarrollará al mismo ritmo que la satelital. Se avanzará en las telecomunicaciones y en la electrónica. Será necesario crear más infraestructura pública, puertos, carreteras, presas, plantas potabilizadoras, aeropuertos, etcétera, y se deberá renovar y actualizar la existente. La ingeniería civil seguirá siendo imprescindible y requerirá de recursos humanos competitivos, ubicados en la sociedad del conocimiento. Sin embargo, el peso de los aspectos financieros y de política pública será aún más importante que hoy.

Las TIC se convertirían en un punto inflexión: abrirán oportunidades y presentarán amenazas, sobre todo en la internacionalización de especialistas y en la producción de conocimiento.

El futuro avisa una coyuntura que algunos consideran favorable para México: la internacionalización de especialistas y el manejo de la información. La posibilidad de difundir capacidades a otras naciones a través del intercambio y migración de profesionistas. El mundo del futuro tendrá una estructuración compleja, altamente diferenciada, que requerirá complementariedad y una alta especialización. México tendrá que aprovechar esta oportunidad.

La electrónica y los nuevos materiales revolucionarán las prácticas de la ingeniería. La industria eléctrica se fusionará con la de telecomunicaciones. Las grandes centrales desaparecerán y serán sustituidas por aplicaciones del hidrógeno y por una generación distribuida que revolucionará el manejo de los sistemas eléctricos. La evolución de las ingenierías acompañará el surgimiento de modelos sustentables: el uso de energías no contaminantes como el desarrollo de la energía nuclear, por ejemplo. Se desarrollarán nuevas prácticas de la ingeniería en

biomedicina, materiales, electrónica y telecomunicaciones. La ingeniería civil y la mecánica no desaparecerán.

Habrà una revolución de los materiales: la *nanoingeniería* hará que los productos “crezcan por dentro” sin que se extiendan hacia fuera. La biología influirá fuertemente en las ingenierías, así como éstas en la primera. Los instrumentos de la ingeniería tendrán no sólo partes orgánicas, sino que éstas influirán en su diseño. La crisis ecológica condicionará el desarrollo de los proyectos productivos y, por tanto, la práctica de las ingenierías, que estará sometida a las presiones de las demandas sociales y del mercado.

Seguirán los cambios, sobre todo a partir de los avances en la nanotecnología, la cual cambiará la forma en que se fabrican los productos, puesto que disminuirán el número y/o el tamaño de los dispositivos y aumentarán sus capacidades. Habrá además convergencias tecnológicas que potenciarán el uso de la información.

Ante estas perspectivas: ¿cómo se visualizan las ingenierías desde los ejes de la competitividad: capital humano, desarrollo tecnológico, infraestructura y políticas públicas?

3.3. Eje 1. Capital humano: hacia el ingeniero del siglo XXI

El perfil del ingeniero

1. El perfil del ingeniero seguirá conservando una fuerte formación en los saberes básicos: física, química y matemáticas. En esas ciencias, señalan los expertos consultados, radica la identidad del ingeniero: es un “mediador entre la ciencia y las estructuras productivas”.

2. Los ingenieros del futuro deberán incorporar, además de una fuerte formación científico-técnica, nuevas habilidades, valores, actitudes y competencias, como las siguientes:

- a) Manejo de información, con gran percepción sobre el entorno económico-productivo.
- b) Dominio del Español y de otros idiomas (fundamentalmente el Inglés).

- c) Capacidad para trabajar en grupos heterogéneos, multidisciplinarios y en culturas diferentes.
- d) Dominio de las TIC.
- e) Pensamiento crítico y asertivo.
- f) Ética profesional y vocación de servicio.
- g) Mentalidad prospectiva, anticipatoria e innovadora.
- h) Capacidad para adaptarse a diferentes ambientes laborales.

A este conjunto de atributos, uno de los expertos entrevistados lo definió como un “técnico con sólidas competencias diferenciadas”.

3. De manera particular, se enfatiza la necesidad de formar “un ingeniero global”: con capacidad para adaptarse a diferentes entornos socioculturales; con un pensamiento comprensivo e inteligente, orientado más al diseño y a la operación, que a la construcción.

Las prácticas y los campos profesionales de las ingenierías:

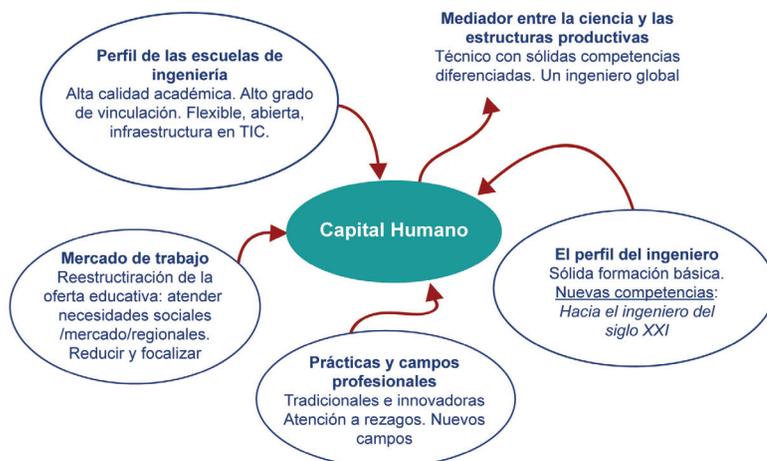
1. Las prácticas profesionales tradicionales e innovadoras de las ingenierías convivirán sin que las primeras desaparezcan. Las carreras tradicionales seguirán siendo necesarias, se incorporarán nuevas y se hibridarán algunas (por ejemplo: la mecatrónica o la biónica). Las nuevas prácticas de la ingeniería se situarán en la convergencia de las matemáticas, la física, la biología y la química. Asimismo, se tendrá que seguir formando ingenieros para la industria manufacturera y para el desarrollo de infraestructura pública o privada del país.
2. Un señalamiento particular apunta hacia la reestructuración de la oferta educativa de las escuelas de ingeniería en México, la cual propone reducirla y focalizarla, dado que se encuentra muy dispersa: 116 especialidades que de hecho pulverizan la identidad del ingeniero. Paradójicamente, 90% de la matrícula se concentra en 10 especialidades. Habrá que replantear las áreas de conocimiento y regionalizar la oferta, disminuyendo la diversificación. Los países industrializados tienen entre ocho y 14 especialidades.

3. Los campos profesionales gravitarán en torno a las ingenierías básicas (civil, mecánica, eléctrica) e incorporarán nuevas modalidades y prácticas profesionales: ingeniería genética, teleinformática, ingeniería de materiales, nanotecnología, aeronáutica. Se continuará requiriendo ingenieros para resolver los rezagos en agricultura, energía, comunicaciones, teleinformática y se tendrá que responder a los nuevos campos, tales como la biónica, la mecatrónica y la telemática.
4. Para México, como país, se señalaron cinco campos estratégicos (“drivers”, como los denomina el entrevistado): energía, infraestructura, agroalimentos, turismo y logística-conocimiento. Se requerirán ingenieros para el manejo de la energía, la petroquímica, las comunicaciones, el agua y los servicios. Se señala la emergencia de nuevas prácticas, como la nanotecnología, la seguridad alimentaria, la sustentabilidad del medio ambiente y las nuevas fuentes de energía.

El perfil de las escuelas de ingeniería

1. Las escuelas de ingeniería deberán ser instituciones de alta calidad académica, con un elevado grado de vinculación con los sectores productivos, además de un profesorado profesionalizado y orientado a resultados (al aprendizaje de contenidos pertinentes).
2. Una escuela de ingenieros flexible, abierta y con una fuerte y actualizada infraestructura en las TIC, que responda eficientemente tanto a las necesidades sociales como a las del mercado.
3. En este sentido, la señal fundamental para construir/diseñar la currícula proviene de las necesidades de la producción y del comportamiento del mercado. Sin embargo, otros especialistas señalaron que en un país como México, es indispensable que las escuelas de ingeniería, apoyadas por el Estado y el gobierno, desarrollen también programas de vinculación con la sociedad, que les permitan solventar carencias básicas de transporte, agua, vivienda, electricidad, etcétera, que en ocasiones el mercado no demanda.

Lo anterior se puede representar en la siguiente gráfica:



3.4. Eje 2. Desarrollo tecnológico

1. El desarrollo tecnológico requiere fuertes inversiones, así como políticas coherentes y definidas a corto, mediano y largo plazo. En este sentido, México necesitará considerables inversiones en ciencia y tecnología para alcanzar su desarrollo, lo cual implicará inversiones por arriba de 1% del PIB. Actualmente, el gobierno sólo destina 0.4% del PIB, con una débil presencia de la iniciativa privada, cuando en países más avanzados se invierte de 3% a 5% del PIB.

2. El financiamiento del desarrollo tecnológico debe compartirse entre dos actores: el gobierno y los empresarios. Algunas propuestas señalan que la iniciativa privada debería absorber 2/3 del gasto en ciencia y tecnología, y el gobierno 1/3. Lo deseable sería que la inversión fuera 1/3 pública y 2/3 privada, sin que eso represente un desplazamiento del papel rector del Estado y el gobierno, en cuanto a definir políticas de ciencia y tecnología.

3. Otras voces, sin embargo, señalan que hay que desterrar el mito de que si no participa la iniciativa privada, los proyectos no funcionan. La obra pública puede sustentarse fundamentalmente en el gasto del gobierno, sobre todo para desarrollar infraestructura básica (puertos, carreteras, ferrocarriles, etcétera).

4. Será indispensable crear una plataforma que vincule a todos los actores involucrados (gobierno, empresas, escuelas, centros

de investigación) para lograr una eficiente relación entre los centros de investigación y los centros de producción. Un esfuerzo holístico que sea impulsado por el gobierno y activado por la iniciativa privada, anclado en el desarrollo de tecnologías en la ristra comunicación-energía-agua-servicios. Para ello, será necesario vencer las desconfianzas de todos los actores.

5. El desarrollo tecnológico se entiende como la capacidad de innovar los procesos y los productos, con mejoras continuas (modelos vanguardistas) y ésta es la impronta de los mercados actuales. Será necesario, dicen los expertos, que las escuelas, los centros de investigación y los de producción se vuelvan espacios expansivos, multiplicadores de conocimiento.

6. Los especialistas coinciden en que el desarrollo tecnológico precisa enfocarse a nichos de mercado y a ellos dotarlos de infraestructura y capital. México tendrá que especializarse en algo y vencer su dispersión. Se deben impulsar todas las áreas de las ingenierías para contar con una plataforma básica, sin embargo, los nichos de oportunidad parecen ser la infraestructura, la energía, el agua y la petroquímica.

7. Será imprescindible desarrollar la ciencia y la tecnología basadas en una conectividad total y en el uso intensivo de las TIC.

Todo ello puede claramente sintetizarse en la siguiente gráfica:



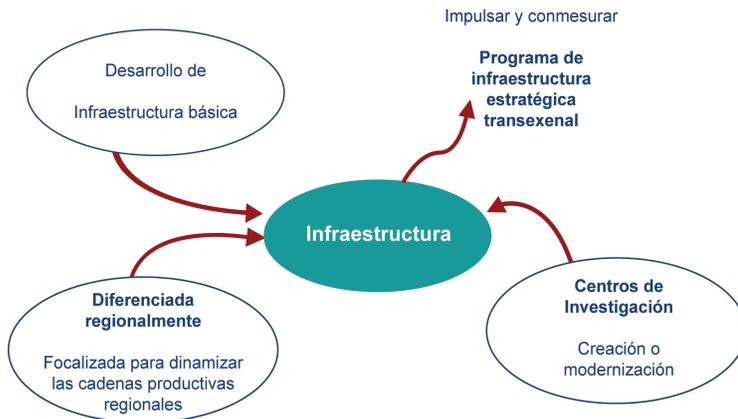
3.5. Eje 3. Infraestructura

1. Sobre este eje de análisis, existe un claro consenso: la ingeniería mexicana deberá desarrollar la infraestructura básica que el país necesita, como son puertos, carreteras, puentes, aeropuertos, ferrocarriles, obras hidráulicas, telecomunicaciones, unidades habitacionales, sistemas de riego, petroquímica, universidades, escuelas, hospitales, etcétera.

2. Esta infraestructura incluye la creación y la modernización de los centros de investigación, alineada a los diferentes entornos de México.

3. La construcción de la infraestructura deberá no sólo diferenciarse regionalmente, sino incluso focalizarse con el objeto de que sea pertinente a las diversas vocaciones tecnoproductivas locales y al mismo tiempo sea plataforma para dinamizar las cadenas productivas.

4. Se ha propuesto ya un programa de infraestructura estratégica para el país, cuya implementación requiere 2,300 millones de dólares cada año destinandos a las ingenierías, y una inversión de 230 mil millones de dólares en infraestructura. Lo cual se resume en el siguiente gráfico:



3.6. Eje 4. Políticas públicas

1. México necesita realizar un gigantesco esfuerzo de planeación con perspectiva de largo plazo, para construir una infraestructura

que lo haga un país viable. De esta forma, no sólo requerirá de planeación, sino de fuertes inversiones, y será preciso definir una *política nacional de desarrollo*.

2. Las políticas públicas deberán ser “terapias de choque” que reactiven el desarrollo diferenciado del país, cuyo punto nodal sería la ciencia, la tecnología y la educación, alineadas a sus entornos industriales y socioculturales. Para ello, será necesario crear una plataforma que vincule a los centros de investigación, a los empresarios, a los ingenieros y al gobierno en un mismo rumbo (hacia dónde, con quién y cuántos).

3. Las políticas públicas para desarrollar la ingeniería mexicana requerirán tener como prioridad el desarrollo de la infraestructura básica, pero deberá enfocarse a partir de líneas estratégicas definidas por la diversidad geo-económica de México (sistemas regionales de innovación tecnológica).

4. La tecnología deberá ser propia (generarse en México) o apropiada (disponible en el mercado global: sistemas regionales de innovación tecnológica). El gobierno y el Estado necesitarán impulsar esencialmente tecnologías para generar productos que resuelvan los problemas del país.

5. Las políticas públicas habrán de orientarse a incrementar la competitividad de México en el proceso de globalización y estar constituidas por un conjunto de acciones, como son incentivos fiscales, el apoyo a las empresas mexicanas, el gasto público, reglas claras y transparentes, tasas bajas de financiamiento, etcétera.

Lo anterior se resume en la siguiente gráfica:



IV *1* **a visión
de las regiones**

IV. La visión de las regiones

1. Reunión de directores de ANFEI

Una vez que se consultó a los expertos, se realizó un taller de prospectiva regional dentro del marco de la XII Reunión General de Directores de la ANFEI (octubre, 2007), celebrado en la ciudad de Monterrey. En él participaron las escuelas y facultades de ingeniería del país agrupadas en regiones. La ANFEI divide al país en ocho regiones. Para el ejercicio prospectivo, estas se reagruparon en cinco macro-regiones: I – II, III – IV, V, VI – VII, y VIII, las cuales estuvieron representadas por diversas instituciones.



Los resultados del taller muestran las siguientes visiones:

2. La perspectiva regional

Si bien los participantes expusieron algunas diferencias desde la óptica regional, éstas confluían en puntos de vista casi homogéneos, lo que permitió más que una discriminación fragmentada, la unificación desde su diversidad.

Finalmente, quedó claro que se requerirían talleres complementarios para focalizar los elementos más distintivos de la vocación de cada región.

Visión retrospectiva

En los últimos 30 años hubo una alta inversión extranjera, un surgimiento y desarrollo de *clusters* y una nueva conciencia: la ecológica, lo cual impulsó la diversificación de la oferta educativa. La ingeniería logró vincularse con los sectores productivos, pero sólo de manera reactiva, resolviendo problemas inmediatos (ingeniería de “apagafuegos”). No se logró un desarrollo tecnológico propio, y sí se aumentó la dependencia en este sentido. Se habilitaron más académicos, sin embargo, la gran mayoría de ellos no posee experiencia profesional que puedan aportar al proceso de enseñanza-aprendizaje.

En particular, durante los 30 años precedentes, los efectos fueron los siguientes:

Industria

- Se ha transitado de una vocación manufacturera al desarrollo de la logística y los servicios; queda la hipótesis de si se ha perdido la ingeniería o si migró a otras regiones.
- Se ha dado mayor importancia a la importación de tecnología, que al desarrollo de diseños propios.
- Prácticamente han desaparecido los bufetes de ingeniería y parques industriales que antaño existieron.
- Las constantes crisis económicas y devaluaciones han llevado a fugas de capital y quiebra de empresas.
- Se ha hecho necesario el uso eficiente de la energía y el ahorro de la misma para preservar el medio ambiente.
- Surge la necesidad de una rápida adaptación a las nuevas tecnologías, principalmente en el uso de las TIC y dispositivos digitales encapsulados.

Instituciones de educación

- Se incrementó la demanda de estudios de ingeniería y surgieron nuevas carreras con carácter interdisciplinario.
- Se expandió la oferta educativa, mediante la creación de nuevas instituciones públicas o privadas.

- Los planes y programas incorporaron nuevos contenidos, que incluyen competencias profesionales de acuerdo con las nuevas exigencias.
- Se introduce la cultura de la evaluación, la acreditación y la certificación.
- Se incorpora la mujer a los estudios de ingeniería.
- La globalización académica exige capacidades expresivas y de liderazgo para enfrentar el mundo futuro.
- Surgen condiciones heterogéneas de ingreso de los alumnos a las diferentes escuelas.
- La sociedad enfrenta una crisis de valores.
- Se pierde interés por el estudio de la ingeniería.

Aportaciones y contribuciones

- Se responde a las necesidades de la industria a través de la apertura de nuevos programas académicos.
- Se participa en grandes desarrollos de ingeniería civil e infraestructura.
- Se reforzó la vinculación industria-escuela y existe ahora más confianza.
- Se abrieron programas de posgrado, investigación y educación continua y a distancia.
- Se desarrollaron empresas y se crearon bases tecnológicas o se incubaron empresas.

Visión tendencial

En general, las regiones muestran que los efectos de la globalización impactarán en los procesos productivos, exigiéndoles ser más eficientes y eficaces: habrá una mayor inversión extranjera y se consolidarán los *clusters*. Las TIC serán el factor innovador, se automatizarán los procesos productivos. En las regiones, la crisis ecológica llevará a generar nuevas tecnologías. Los participantes en los talleres creen sin embargo, que la generación de tecnologías propias será menor y que se seguirá dependiendo de las importadas. Habrá una expansión y diversificación de la oferta educativa; se consolidará la enseñanza a distancia y se crearán centros de investigación regionalizados y ligados a las empresas.

Ante la masificación de la educación, las escuelas tenderán a asegurar y certificar la calidad de sus egresados. La movilidad estudiantil será mayor y se caracterizará por ser internacional,

transfronteriza. La nueva oferta educativa se centrará en las siguientes áreas: mecatrónica, nanotecnología, nuevos materiales, informática, agronomía, biotecnología y alimentos, genómica, generación de energías alternativas, telecomunicaciones, aeronáutica, geotecnias, e ingenierías sanitarias.

A continuación se presenta un desglose por sectores:

Industria

1. Las tendencias del mundo global exigen a la ingeniería una participación interdisciplinaria con una visión sistemática de los escenarios de desarrollo y de atención a las necesidades humanas.
2. La logística global de los procesos productivos y la comercialización se convierten en áreas de oportunidad para la ingeniería en las zonas metropolitanas.
3. Las exigencias de la evaluación, la acreditación y la certificación de procesos y de productos, será cada vez mayor.
4. Se desarrollarán nuevas fuentes de energía y, por tanto, nuevas tecnologías.
5. Las telecomunicaciones permitirán nuevas formas de participación del ingeniero en modelos de asociación multinacionales y multisectoriales.
6. Los sistemas de transporte tendrán que adaptarse a las diversas formas de comercialización y de integración de los procesos productivos y de prestación de servicios.
7. Habrá cambios importantes en los comportamientos migratorios que impactarán el ejercicio profesional de las ingenierías.

Instituciones de educación

1. Los diseños y soluciones propuestos por la ingeniería, estarán alineados y orientados a obtener una mayor calidad de vida del ser humano.
2. La oferta y la demanda educativa de la ingeniería estarán fuertemente vinculadas a las necesidades sociales y de mercado.
3. La oferta educativa utilizará cada vez más los recursos pedagógico-instrumentales de la educación a distancia y del *e-learning*, con el objeto de lograr una mayor cobertura y calidad en la formación de profesionistas.

4. Se demandará la preparación de ingenieros en competencias nuevas, sin descuidar, e incluso profundizar, la adquisición de competencias básicas.
5. Habrá una gran movilidad de estudiantes, no sólo en el territorio nacional sino fuera de él, lo cual exigirá de las escuelas que los alumnos adquieran habilidades expresivas (manejo de idiomas), de convivencia y de liderazgo.
6. Se demandará que el nuevo ingeniero incorpore a su práctica y ejercicio profesional un sólido código ético.

A continuación, se muestra un desglose por ejes de competitividad:

Desarrollo tecnológico

1. Se desarrollaran los siguientes campos de ingeniería: nuevos materiales, nanotecnología, bioingeniería, informática y telecomunicaciones, mecatrónica, robótica, ingeniería genética y molecular, ingeniería de la energía y combustibles, tecnología del agua y los residuos, aplicaciones a la ciencias de la salud.
2. Tecnologías que permitan ser eficientes en el aprovechamiento de los recursos y servicios, tales como agua, electricidad, comunicaciones, combustibles, etcétera.
3. Mayor preocupación e impulso al tema ambiental.
4. Desarrollo de parques industriales.
5. Más y mejores sistemas de transporte masivo, mayor número de asentamientos humanos regulares e irregulares.
6. En la ingeniería de sistemas computacionales, mayor participación para solucionar problemas mediante la producción de software destinado a los sectores productivos, gubernamental y social.
7. Infraestructura tecnológica para la educación a distancia y continua.

Infraestructura

1. Se favorecerá el transporte público de calidad y no contaminante.
2. Se desarrollarán nuevos parques industriales con infraestructura vial y de servicios cercanos a los núcleos de población.
3. Se requerirá ampliar significativamente la infraestructura y la cobertura de las redes de comunicación y telecomunicaciones, que permitirá mayor rapidez y volumen de transacciones virtuales.

4. Se aumentarán las condiciones para el trabajo virtual a distancia.
5. Se requerirá ampliar y mejorar la infraestructura de puertos, la red de carreteras, autopistas y las vías de comunicación de las zonas metropolitanas.
6. Se impulsará la creación de redes ferroviarias, así como la transportación marítima competitiva.
7. Se establecerán nuevos centros de abasto, distribución y logística de mercancías y productos.
8. Se creará infraestructura para la disposición, manejo y aprovechamiento de desechos, y para el tratamiento del agua.
9. Se utilizará y fomentará el uso de la tecnología de punta y medios de producción limpios, no contaminantes.
10. Se establecerán instalaciones para la producción de nuevas fuentes de energía.
11. Habrá una mayor cobertura educativa basada en el uso de la educación a distancia y el *e-learning*.

Políticas públicas

1. Se promoverán y financiarán los proyectos de vinculación escuela-empresas que garanticen competitividad e innovación.
2. Se definirá una política de desarrollo industrial, urbano, tecnológico, etcétera, con vocación competitiva tanto a escala nacional como regional.
3. Se favorecerá la creación e instalación de empresas de capital tecnológico.
4. Se dará un fuerte apoyo la formación de recursos humanos para el desarrollo científico y tecnológico.
5. Se impulsará a nivel nacional el crecimiento y expansión de los posgrados de calidad y excelencia, con carácter regional.
6. Se otorgarán apoyos fiscales para la formación de profesores, la creación de PYMES y proyectos de investigación.
7. El gobierno federal y los gobiernos de los estados respetarán y cumplirán con los porcentajes del PIB, para el financiamiento de la educación superior.
8. Se fortalecerá la vinculación entre la oferta y la demanda para la formación de ingenieros, armonizando proyectos que mejoren la experiencia y amplíen sus oportunidades, asegurando financiamiento a los proyectos de emprendedores.

Capital humano

Los nuevos ingenieros deberán poseer los siguientes conocimientos, actitudes, habilidades y capacidades:

1. Dominio del español y de uno o dos idiomas adicionales.
2. Conocimiento amplio de las TIC.
3. Preparación sólida en ciencias básicas.
4. Capacidad para trabajar en equipo.
5. Habilidad para comunicarse mejor, ya sea de manera oral, escrita y electrónica.
6. Sólidos valores éticos.
7. Visión global y capacidad para actuar en el ámbito local.
8. Líderes y emprendedores.
9. Capacidad de innovación y adaptación.
10. Disposición para trabajar con pares y multidisciplinariamente, con un enfoque y competencia orientada a la solución de problemas.
11. Firme compromiso con el cuidado del medio ambiente y la calidad de vida del ser humano.

Visión prospectiva: el escenario futurible desde las regiones

Las regiones plantearon como escenario *futurible* (deseable-posible), un ingeniero altamente capacitado, comprometido socialmente, competitivo, internacional, emprendedor y nacionalista, que trabaja y participa en un ambiente tecnológico innovador y que desarrolla productos nuevos para mejorar la calidad de vida de la sociedad. Un ingeniero que construya infraestructura pública y sea apoyado por políticas gubernamentales que favorezcan la expansión de conocimiento y sus aplicaciones tecnoproductivas:

Capital humano

1. Un ingeniero con valores y comprometido con el medio ambiente y el bienestar del ser humano.
2. Un ingeniero con capacidades para un mundo global de alta responsabilidad con el desarrollo nacional y regional.
3. Ingenieros con posgrados pertinentes, para el progreso nacional, sectorial y regional.
4. Un ingeniero con ética y valores morales.
5. Un ingeniero líder y emprendedor con identidad nacional.

Desarrollo tecnológico

1. Avivar una ingeniería de innovación energética y de combustibles para fortalecer el desarrollo de México, a través de nuevas carreras y especialidades.
2. Crear nuevas tecnologías para el tratamiento y uso del agua, así como el manejo de residuos.
3. Desarrollar nuevos materiales para mejorar la calidad de vida humana.
4. Generar nuevas tecnologías para revolucionar áreas como son: telecomunicaciones, automotriz, informática, nanotecnologías, fármacos y alimentos, genética y molecular, ambientales, aeronáutica y espacial.

Infraestructura

1. Una infraestructura que favorezca las comunicaciones, la transportación y la comercialización.
2. Un transporte masivo de calidad, ágil y suficiente para la población.
3. Vías de comunicación radiales y periféricas para un mejor enlace con las zonas conurbadas y la zona metropolitana.
4. Modernización de la infraestructura física, científica y tecnológica de las instituciones de nivel superior.
5. Infraestructura financiera para el soporte del desarrollo tecnológico y de proyectos productivos.
6. Infraestructura de redes informáticas para el impulso a las redes académicas y productivas.
7. Apoyo para la creación de parques industriales de alta tecnología.

Políticas públicas

1. Asignación del presupuesto al sector educativo y a la investigación científica, de acuerdo con el porcentaje del PIB recomendado internacionalmente.
2. Mecanismos flexibles para el uso del presupuesto en entidades educativas.
3. Estímulos fiscales para el desarrollo de la industria y la investigación científica y tecnológica.
4. Promoción de mega proyectos estratégicos conjuntos, entre industria, asociaciones, universidades y gobierno, que favorezcan las cadenas de desarrollo.
5. Financiamiento de programas de posgrado, investigación científica y desarrollo tecnológico.



V



C

onclusiones

V. Conclusiones

1. Futurible

“Si se quiere subir a la montaña, habrá que mirar a las estrellas”.
Confucio.

El objetivo de esta primera etapa del Proyecto de Planeación Prospectiva y Estratégica para la ANFEI, puede expresarse sintéticamente en el siguiente escenario deseable-posible (futurible) para la ingeniería mexicana del año 2030 y sus escuelas y facultades:

Una ingeniería profunda en conocimiento, comprensiva e innovadora en su práctica, con mentalidad competitiva, abierta, práctica y nacionalista, con sensibilidad social, propositiva y vocación clara: “pelear posiciones en la economía mundial”.

Para ello, necesitamos contar con escuelas de ingeniería que se conviertan en industrias del conocimiento, certificadoras de calidad; en centros promotores del cambio y generadoras de recursos humanos de alta calidad, fuertemente vinculadas a las empresas; orientadas a nichos estratégicos y regionales, ofreciendo una educación dual: en el aula y en el sistema productivo, con laboratorios equipados que generen círculos virtuosos entre producción-escuela.

2. Estrategias

Durante este trabajo, se encontró que existe consenso en cuanto a que de seguir la tendencia reciente en la materia, para el año 2030 México se mantendría por lo menos estancado con respecto a su situación actual (con altas probabilidades de encontrarse en peor situación comparativa con otras naciones). Tal situación llevó a los expertos a demandar un urgente y enérgico “golpe de timón” que no solamente reaccione ante la problemática del momento sino que rompa la tendencia existente y dé un viraje hacia un nuevo paradigma.

Las acciones que se requieren para lograrlo pueden enmarcarse en las cuatro vertientes siguientes:

Sobre los nuevos escenarios y los nuevos campos de la ingeniería

Tal y como se estableció en la revisión documental, las ingenierías se desarrollarán en cuatro escenarios: la revolución científica, la revolución biotecnológica, la ecología y la sociedad del conocimiento. Las ingenierías se diversificarán: desde el diseño de máquinas creativas y de fabricación personal, la nanotecnología, el uso de materiales y la biotecnología, la computación ubicua y quantum, y la robótica, hasta las ingenierías sociales, de recursos naturales, de desastres y de pandemias. Será preciso que las escuelas realicen lecturas pertinentes sobre los escenarios y los nuevos campos de conocimiento, en el entendido de que se tendrá que elegir por alguno o algunos de éstos.

En este sentido, el presente estudio demuestra que los campos profesionales gravitarán alrededor de las ingenierías básicas (civil, mecánica, eléctrica, química) e incorporarán nuevos campos y prácticas profesionales, por ejemplo: ingeniería genética, teleinformática, ingeniería de materiales, nanotecnología, aeronáutica, etcétera. Adicionalmente, se seguirán requiriendo ingenieros para resolver los rezagos en agricultura, energía, comunicaciones, teleinformática y se tendrá que trabajar sobre nuevos campos, tales como la biónica, la mecatrónica y la telemática.

Bajo dichos escenarios, las ingenierías en los países emergentes y en desarrollo tendrán que aprovechar las nuevas ventanas de oportunidad que se abren: un conocimiento que se internacionaliza y que busca ventajas comparativas basadas en el capital humano competitivo y en la capacidad instalada. Asimismo, los nuevos campos de las ingenierías exigirán estrategias para resolver las paradojas de la globalización: masificar y diferenciar, integrar y recomponer, reducir y expandir multitud de productos, lo cual demandará flexibilidad, movilidad e innovación en su práctica profesional.

Sobre las escuelas de ingeniería del futuro

Las escuelas de ingeniería deberán ser instituciones de alta calidad académica, con un fuerte nivel de vinculación con los

sectores productivos, con un profesorado profesionalizado y orientado a resultados (sobre todo al aprendizaje comprensivo de contenidos pertinentes); por lo tanto, con modelos educativos flexibles, abiertos y con una fuerte y permanentemente actualizada infraestructura en TIC; que respondan tanto a las necesidades sociales como a las del mercado; con programas de vinculación con la sociedad que les permitan solventar carencias básicas de transporte, agua, vivienda, electricidad, etcétera; que en ocasiones el mercado no demanda.

Para ello, las escuelas de ingeniería tendrán que reestructurar la oferta educativa, reduciendo y focalizando sus especialidades de acuerdo con sus ambientes tecnoproductivos en los que interactúan (regiones), e incorporar al currículo contenidos que no sólo provengan del desarrollo científico tecnológico donde se inscriben las prácticas de las ingenierías, sino que incluyan conocimientos diversos, provenientes de campos distantes como las ciencias sociales y administrativas. Las recomendaciones indican/prescriben que los currículos deberán ser una mezcla de saberes básicos generales, especializados, disciplinarios, interdisciplinarios y multidisciplinarios.

Desde esta perspectiva, las escuelas tendrán que construir modelos pedagógicos altamente eficaces, que hagan convivir los enfoques tradicionales con los innovadores de la pedagogía, cuya guía sean los resultados de aprendizaje y el aseguramiento de la calidad. Ello implica que los modelos pedagógicos deberán recurrir a todo el arsenal didáctico disponible: la educación presencial y la virtual; la basada en el aprendizaje y la confinada en la enseñanza; así como la centrada en el conocimiento y la focalizada en su aplicación eficiente.

Todas las opiniones de los expertos consultados y la revisión documental sobre el tema, indican que las innovaciones que introduzcan las TIC serán un factor fundamental para el cambio organizacional de las escuelas, lo cual apunta a convertirlas en *industrias de conocimiento y centros certificadores de calidad*. Las TIC harán posible esta aspiración, esa es la esperanza, que la cobertura se amplíe y la calidad de la educación se garantice.

En este sentido, las escuelas de ingeniería tendrán que modernizar su infraestructura tecnológica, no sólo en lo que se refiere a laboratorios y centros de investigación, sino también sus instalaciones y procesos administrativos, lo cual demandará

nuevos aprendizajes institucionales (por ejemplo, la alfabetización digital).

Sobre la formación de los ingenieros para el futuro

Si bien el Estado, los grandes actores empresariales, el poder político y el poder económico, tendrán que revitalizar el desarrollo nacional y lograr la sustentabilidad y la viabilidad del país, el sistema educativo, tanto privado como público, deberá hacer sus propias mudanzas.

A continuación se presentan algunas de las más relevantes:

- Existe cierta controversia entre los expertos: por una parte, hay quienes señalan la necesidad de formar “ingenieros generalistas”, que puedan adaptarse a ambientes tecnológicos y sociales cambiantes e inciertos, y donde no se diluya su saber; empero, otros mencionan que más bien se debería formar “ingenieros especialistas”, quienes estuvieran alineados en sus competencias con la pertinencia, y orientados a resolver las necesidades del mercado y de la sociedad. Al parecer, estas dos posiciones no son irreconciliables o excluyentes; dependerán de una elección estratégica de las instituciones educativas y de la evolución de las cadenas productivas dentro del entorno que atienden.
- En este sentido, casi todos concuerdan en que el futuro ingeniero será un *técnico altamente diferenciado*, que sabrá mediar entre los conocimientos científico-técnicos y los sistemas productivos, incorporando valor a los productos desde la planeación, el diseño y la construcción (innovación) hasta la operación de estos. Un profesional que además incorporará habilidades empresariales y capacidad para adaptarse a ambientes socioculturales diversos, cambiantes, que hoy se interconectan en el espacio de la globalización. Un ingeniero competente en sus saberes propios: matemáticas, física y química, pero también culto y multidisciplinario, con una idea planetaria de su práctica profesional, que le permita resolver los problemas tanto locales como globales, sin olvidar su identidad nacional, gremial y su bagaje cultural.
- La vinculación con la sociedad y con el mercado se convierten en los vectores del cambio curricular. Dicho vín-

culo distingue entre las necesidades de ambas entidades y las pondera para su implantación en el sistema educativo bajo los criterios de pertinencia, calidad y equidad social. Los fines educativos deberán hacer conciliar o alinear las demandas sociales (infraestructura para el desarrollo) con las necesidades de mercado (productos innovadores para públicos altamente diferenciados).

Sobre el papel del Estado y las políticas de desarrollo

- Será necesario impulsar una política de ciencia y tecnología que privilegie los nuevos campos de las ingenierías y fortalezca sus saberes tradicionales.
- Se deberá federalizar la ciencia y la tecnología de acuerdo con un plan estratégico de largo plazo, convertir al CONACYT en Secretaría de Estado e invertir al menos 1% del PIB en ciencia y tecnología; asimismo, se tendrá que estimular fiscalmente a las empresas para que apoyen con recursos la generación de tecnologías productivas (por ejemplo, centros de desarrollo tecnológico junto a los centros educativos).
- México deberá desarrollar tecnología y entrar en el campo de la innovación. Para ello, necesitará asignar considerables fondos económicos a la formación de recursos humanos enfocados a la innovación. Tendrá que aplicar una vigorosa política de Estado para promover la ciencia y la tecnología. Estratégicamente, mudarse hacia las tecnologías emergentes, como la nanotecnología, las telecomunicaciones o la genómica. El sector privado tendrá que erigir centros de investigación.
- Además, México requerirá establecer una política de infraestructura nacional, sustentada en el desarrollo, que defina hacia dónde caminará el país y en qué ramas. Los campos nuevos son la microelectrónica, la nanotecnología y la biotecnología, entre otros.
- México deberá desarrollar líneas estratégicas por lo menos en la industria automotriz, la aeronáutica, las tecnologías de la información y el cemento. Traer o atraer inversiones ofreciendo nuestras ventajas competitivas: *mentes de obra* capacitadas en tecnologías estratégicas y no *mano de obra* calificada.

- El país tendrá que alinearse a los nuevos tiempos y anticiparse al futuro, realizando cambios significativos en sus políticas, tales como:
 - Recuperar el papel de la ingeniería mexicana integrando el diseño, la construcción y la operación de la infraestructura.
 - Crear un esquema autosuficiente de ingenierías, que integre la planeación, el diseño, la construcción y la operación de la infraestructura básica de México.
 - Impulsar un programa de infraestructura estratégica como instrumento de desarrollo.
 - Recuperar el papel de las empresas mexicanas de ingeniería en la planeación, diseño, construcción y operación de la infraestructura del país, al menos con una participación de 50% de la inversión.
 - Formar generaciones de ingenieros diferenciados, diversos y plurales pero fuertemente integrados, habilitados en el diseño, que permitan competir con las grandes empresas diseñadoras.
 - Revertir la cultura de la ingeniería actual, para focalizarla en el diseño. Las escuelas modificarán sus *currícula* hacia el diseño y construirán programas de formación continua utilizando todos los medios posibles.
 - Clarificar, especializar y focalizar los esfuerzos educativos, de investigación y de vinculación con un enfoque regional y local, en función de una clara visión proactiva y estratégica tanto para cada una de las regiones como para una sinergia nacional.

3. Hoja de ruta

El camino para alcanzar el futuro requiere describir una hoja de ruta, un mapa para emprender. Se visualiza de la siguiente manera:

Primero. Comprender el sentido del cambio

La globalización está modificando los saberes y las prácticas

profesionales. Estos cambios están centrados en los avances de la física, la química, la biología y la informática, los cuales se expresan en nuevos campos de intervención: el uso de materiales, el diseño de máquinas creativas, la nanotecnología, la robótica, la computación ubicua y *quantum*; tecnología médica, etcétera. Los ejercicios y las prácticas profesionales se diversifican, creando nuevas ingenierías, entre las que destacan la genética, la nanotecnología, la mecatrónica, la teleinformática, de materiales, aeronáutica, de los desastres y de ecología.

Segundo. Interpretar los cambios y la manera en que se adaptan a México

Esto significa que el sistema educativo, y en concreto el de las ingenierías, tendrá que precisar/definir el modelo de su oferta educativa, siguiendo una estrategia de regionalización y selección pertinente de prácticas profesionales, que obedezca a un modelo donde converjan la tradición y la innovación, los conocimientos básicos y los complementarios, los generales y los específicos, etcétera. Ello implica aumentar el número de egresados, sobre todo del posgrado; incorporar los nuevos campos profesionales (descritos en el presente trabajo); robustecer los campos tradicionales de las ingenierías (civil, mecánica, química y eléctrica); impulsar la creación de centros de investigación e intensificar la vinculación de las escuelas con las empresas y con la sociedad.

Tercero. Definir los campos de desarrollo científico y tecnológico del país

Impulsar una política de ciencia y tecnología policéntrica, regionalizada y especializada, que esté apoyada en un gasto sustantivo suficiente y creciente. En este sentido, será preciso que los actores involucrados (gobiernos, empresas, académicos, etcétera) establezcan los principios conductores (*drivers*) del desarrollo nacional: energía, infraestructura, agroalimentos, turismo y logística-conocimiento. Ello también requerirá impulsar una infraestructura básica: puertos, carreteras, puentes, presas, centrales eléctricas, aeropuertos, ferrocarriles, obras hidráulicas, telecomunicaciones, desarrollos habitacionales, sistemas de riego, plantas petroquímicas, construcción de escuelas, hospitales, entre otros.

Cuarto. Entender que las escuelas pueden intervenir directamente

En el caso de los dos primeros pasos citados, son acciones estratégicas que dependen de la escuela, pero no así en el tercero, donde las escuelas sólo pueden *impulsar*, *demandar* o *presionar* para que se realicen una serie de acciones, igualmente estratégicas, pero cuya motricidad o acción no depende de las instituciones educativas sino del sistema político económico.

4. Segunda etapa

Para acompañar los procesos planteados desde el origen de este proyecto, cabe ahora desarrollar dos estrategias:

- 1) Clarificar y focalizar los perfiles, carreras, currículos, planes de estudio y planes generales, del conjunto de las escuelas y facultades de ingeniería, a largo plazo.
- 2) Fomentar y orientar ejercicios de planeación prospectiva y estratégica para cada una de las ocho regiones que conforman la ANFEI. De tal manera que se genere tanto un fortalecimiento regional y local, como sinergia y complementariedad a nivel regional.



Anexo 1

Ejes Estratégicos: Temas Preferenciales⁽¹⁾ (Integrado de las Ocho Regiones de la ANFEI)

Eje Capital Humano. Tema Preferencial, Integrado de las Ocho Regiones.

Capacitación

Elaborar e implementar planes y programas de capacitación continuos a todo nivel y para toda la gente, así como planes de educación continua que incluyan el uso de las nuevas tecnologías.

Estímulos y motivación

Crear estímulos especiales que aporten proyectos factibles al crecimiento de las comunidades. Mejorar las condiciones económicas del personal de las IES.

Establecer y Fomentar programas de financiamiento mediante mecanismos que permitan la motivación y el desarrollo del capital humano.

Vinculación

Mejorar la competitividad del capital humano por medio de la vinculación y los convenios específicos con los diferentes sectores (productivos, gubernamentales y sociales) para potenciar los recursos humanos.

Contextos

- Colaboración interinstitucional.
- Desarrollo de competencias en el sector social.
- Intercambio de programas de posgrado.
- Intercambio con las más relevantes, IES nacionales e internacionales para mejorar la competitividad del personal docente.

1. Esta información forma parte del texto “Potencialización de la Competitividad de México y la Participación de las IES de la ANFEI”. Documento para discusión. Vocalía de planeación prospectiva y estratégica. Comité Ejecutivo 2006-2008, ANFEI, febrero de 2007.

Modelo educativo

Modernos planes y programas de estudio para mejorar la competitividad del capital humano.

Las IES deben contar con modelos educativos innovadores y flexibles.

Contextos:

Programas de posgrado

- Métodos de enseñanza.
- Establecer programas de desarrollo académico integral con un modelo educativo centrado en el aprendizaje.
- Establecer programas de certificación de la calidad.
- Certificar las competencias.
- Crear programas de estímulo basados en la productividad y las competencias.
- Crear un clima propicio para el desarrollo de las ideas.
- Establecer diagnósticos que permitan identificar valores y conocimientos para conformar el perfil del ingeniero moderno.

Estudiantes

Mejorar el proceso de selección de nuevo ingreso, realizar el seguimiento de los egresados, elevar la calidad y pertinencia de los planes y programas de estudio de las IES y reconocer a sus estudiantes más destacados.

Competencias laborales

- Fomentar en el personal académico y los alumnos una actitud de liderazgo que coadyuve al rescate de los valores universales.
- Profesionalizar el personal docente y administrativo.
- Evaluar al personal.
- Selección y contratación.
- Formar directivos competitivos.
- Clima laboral.
- Certificación.
- Recursos financieros.
- Realizar el seguimiento de egresados para la retroalimentación.
- Llevar a cabo intercambios académicos de profesores y estudiantes a escala nacional e internacional.

- Usar las tecnologías de la información para el intercambio tecnológico y académico.

Eje Tecnología. Tema Preferencial, Integrado de las Ocho Regiones

Desarrollo académico

Mejorar la competitividad tecnológica desde la academia.

Contextos:

- Establecer intercambios académicos.
- Crear planes y programas de estudio pertinentes y en constante análisis y adecuación.
- Fomentar la capacitación y superación de los cuerpos académicos.

Vinculación

1. Establecer programas efectivos de vinculación con los sectores productivos.
2. Conocer las necesidades de la industria.
3. Establecer acuerdos de cooperación mutua.
4. Efectuar sesiones de intercambio escuela-empresa.
5. Establecer interacciones eficaces, eficientes y efectivas. Compartir experiencias. Detectar las necesidades y desarrollar proyectos.
6. Establecer vinculaciones apropiadas según el nuevo modelo educativo con los sectores productivos de bienes y servicios, tanto nacionales como internacionales, así como con la sociedad.
7. Establecer convenios y alianzas con las IES de países de alto desarrollo tecnológico, incluyendo a organismos relacionados.
8. Consolidar las diversas acciones de vinculación emprendidas por las IES- gobierno-industria, mediante el compromiso interactivo de redes de apoyo.

Investigación y desarrollo

1. Promover la investigación, estableciendo proyectos viables en líneas determinadas como prioritarias.
2. Orientar la investigación hacia problemáticas de las empresas y del sector social.
3. Establecer acuerdos con el sector productivo para apoyar la investigación tecnológica.

4. Promover entre las industrias la realización de innovaciones tecnológicas y desarrollos tecnológicos, apoyándolas en la gestión de los estímulos fiscales que ya se tienen establecidos en México.
5. Impulsar la investigación mediante incentivos. Asignar presupuestos a la investigación, ciencia y tecnología.
6. Desarrollar una red de investigadores promovida por la ANFEI que atienda áreas prioritarias.
7. Fomentar, por parte de la ANFEI, la investigación para aumentar la creatividad de las IES.
8. Actualizar los programas de estudio con base en los avances tecnológicos.
9. Crear, con apoyo de la ANFEI, una red de información de tecnología entre las IES.
10. Diagnóstico tecnológico. Con base en un sistema de información, definir las necesidades de tecnología en los sectores productivo y de servicios.
11. Desarrollo y difusión tecnológica. Generar proyectos que involucren a los diferentes sectores, con fondos nacionales e internacionales.
12. Investigación y desarrollo tecnológico. Fomentar el trabajo multidisciplinario mediante diagnósticos de necesidades sociales y empresariales que permitan establecer convenios de investigación y desarrollo tecnológico.

Capacitación y formación

1. Desarrollar cuerpos docentes de excelencia en áreas tecnológicas con demanda prioritaria.
2. Innovar el proceso de enseñanza-aprendizaje.
3. Buscar la calidad de los docentes a partir de la certificación de sus competencias y la medición de sus resultados.
4. Elaborar programas de capacitación continuos para docentes y estudiantes. Realizar intercambios académicos y estancias, así como intercambio de capacitación entre las IES. Invertir en capacitación.

Emprendedores e innovadores

1. Implementar programas de formación de emprendedores e innovadores.
2. Crear en las empresas la cultura de innovación tecnológica.
3. Crear la demanda de innovaciones y desarrollos tecnológicos que las empresas no están apreciando.

4. Crear un programa específico de los procesos de innovación en las empresas, por parte de la ANFEI, para transferirlas a las mismas. En el futuro cercano, lograr que en las empresas la innovación tecnológica (Comités de Innovación en las Empresas) sea una preocupación, así como lo es ahora la calidad (Comités de Calidad en las Empresas).

Nuevo modelo educativo

1. Establecer la reingeniería de las IES hacia un nuevo modelo educativo en donde se privilegien las variables: creatividad, innovación, tecnología, aplicaciones de la ingeniería y desarrollo tecnológico.
2. Crear concursos nacionales coordinados por la ANFEI, con el tema central dirigido a la creación de modelos educativos, para que las escuelas de ingeniería rescaten y tengan siempre presente las aplicaciones de la ingeniería en la solución de problemas reales. Conectar estos problemas a las necesidades de los sectores productivos.
3. Intentar la mejora continua. Actualizar constantemente los laboratorios y evaluar periódicamente a las IES. Establecer el mejoramiento continuo de los planes de estudio y la certificación de las carreras.
4. Tener equipamiento e instalaciones acordes a los planes y programas de estudio actualizados.

Procuración de recursos para la investigación

1. El sistema de ciencia y tecnología mexicano está completamente desarticulado en lo que se refiere a sus actores principales. Las IES de ingeniería son los principales actores, por lo tanto es prioritario gestionar recursos económicos para que éstas se comprometan a crear desarrollos tecnológicos y restaurar la articulación con otros sectores nacionales.
2. Gestionar recursos económicos ante las instancias correspondientes para el desarrollo de tecnologías competitivas.
3. Generar recursos financieros que fomenten el desarrollo de infraestructura para el desarrollo de tecnología en las IES. Los mecanismos pueden ser las donaciones, el autoequipamiento y la gestión de convenios.

Eje Infraestructura. Tema Preferencial, Integrado de las Ocho Regiones

Infraestructura regional, proyectos ejecutivos

1. Participar en la definición de los planes de desarrollo de los tres niveles de gobierno.
2. Contar con un plan rector de desarrollo propio que coadyuve al progreso regional.
3. Mejorar la infraestructura a través de convenios.
4. Establecer estudios de diagnóstico para determinar áreas de oportunidad para el desarrollo regional.
5. Participar en la definición del desarrollo sustentable de la región.
6. Capacitar a los docentes de las IES para el desarrollo de competencias reales de ingeniería para resolver problemas reales de infraestructura en cada región.
7. Especializar a docentes y estudiantes (próximos egresados) para atender las necesidades de solución de problemas de ingeniería, mediante la realización de proyectos ejecutivos de infraestructura regional.
8. Desarrollar proyectos industriales de innovación con cobertura regional y de manera interinstitucional.
9. Formar parte de los comités de planeación de los estados para incluir proyectos de beneficio al desarrollo.
10. Crear grupos interdisciplinarios para participar en proyectos ejecutivos reales de infraestructura regional; a manera de ejemplo, el desarrollo de nuevas fuentes de energía (renovables).
11. Diagnosticar y planear. Crecimiento planeado y desarrollo sustentable. Establecer diagnósticos regionales para la detección de necesidades mediante la creación de sistemas en red.
12. Establecer estrategias para participar en los programas de desarrollo del país.
13. Participar conjuntamente las IES con las empresas y las autoridades de gobierno, para identificar necesidades locales y regionales de infraestructura y crear el compromiso de que los egresados de las IES puedan realizar proyectos ejecutivos.
14. Planear estrategias y proyectos de desarrollo que incluyan alianzas estratégicas.
15. Fomentar la optimización de los recursos disponibles y proveer el desarrollo de proyectos sustentables.

16. Realizar y contar con un diagnóstico de necesidades y capacidades de infraestructura en las IES, con apoyo de la ANFEI, que coadyuve a la solución de proyectos ejecutivos para solucionar problemas de infraestructura regionales.

Vinculación de las IES con los sectores públicos y privados

1. Realizar lo necesario para que las IES apoyen las necesidades de infraestructura regional y hacer las vinculaciones efectivas.
2. Participar en asociaciones de egresados y colegios de ingeniería, y vincularlos con los proyectos regionales de desarrollo de infraestructura.
3. Propiciar la colaboración IES-Empresas, establecer convenios de colaboración de las IES con los tres niveles de gobierno, promover la participación de proyectos que contribuyan al desarrollo de las regiones, promover la participación de los alumnos en proyectos de infraestructura mediante el servicio social y las residencias profesionales.
4. Conformar un directorio de los sectores involucrados en la generación de infraestructura y gestionar la vinculación de las IES.

Investigación y desarrollo

1. Apoyar al sector público y privado en el establecimiento de proyectos y programas de sustitución de importaciones y de desarrollo tecnológico.
2. Apoyar al sector productivo mediante la participación de las IES en la articulación productiva basada en el desarrollo de innovaciones y el desarrollo tecnológico, en todas las regiones del país.
3. Apoyar al sector productivo mediante la participación de las IES (docentes, estudiantes y egresados) en la articulación productiva basada en la implementación de programas de desarrollo de proveedores. Establecer programas de aseguramiento de la calidad y programas de comités de innovación en las empresas.
4. Elaborar proyectos de investigación y desarrollo en el tema del desarrollo sustentable.
5. Difundir, por parte de la ANFEI, los logros en las innovaciones y desarrollos tecnológicos obtenidos en las IES afiliadas.

6. Crear con el apoyo de la ANFEI, un programa que respalde la tecnología producida nacionalmente por las IES afiliadas.
7. Fomentar la investigación y el desarrollo tecnológico mediante donaciones, convenios y autoequipamiento.

Reconocimiento a la ingeniería nacional

1. Crear, por medio de la ANFEI, un sistema de publicaciones periódicas de difusión nacional, en el cual se resalten los logros de la ingeniería de las IES afiliadas y su participación en la solución de los grandes proyectos de desarrollo de infraestructura nacional.
2. Crear un sistema nacional de recuperación del prestigio de la ingeniería mexicana y de los ingenieros egresados de las IES nacionales.
3. Establecer, por medio del reconocimiento a la ingeniería nacional, la confianza en los sectores productivos nacionales e internacionales para que éstos se involucren en la solución de los proyectos de desarrollo de la infraestructura del país.

Equipamiento de las IES

1. Gestionar inversiones para actualizar la infraestructura de desarrollo de proyectos de ingeniería y de innovaciones tecnológicas en las IES.
2. Gestionar recursos financieros para que las IES realicen proyectos ejecutivos de infraestructura en comunidades pobres de las diversas regiones del país, en las que por su condición, no se les destinan recursos para el desarrollo.

a **nexo 2**

Cuestionario Entrevistas a Expertos Cuestionario Semiestructurado

Guía orientadora para el entrevistador

La propuesta de realizar entrevistas a profundidad y semiestructuradas a expertos para fines de prospectiva (donde el experto no es necesariamente un buen teórico del fenómeno, sino alguien que lo conoce y lo comprende bien desde algún punto de vista, sea como estudioso, operador o protagonista), tiene por objeto obtener información significativa sobre lo que se piensa, intuye o cree que ocurrirá con respecto al futuro de los ingenieros y las ingenierías en México, en un horizonte de largo plazo: 2030.

En este sentido, se propone como instrumento metodológico realizar entrevistas a profundidad semiestructuradas, que se caracterizan por basarse en un cuestionario guía que provoca o detona no sólo las explicaciones racionales, sino los deseos y temores que subyacen a éstas, y que permiten obtener, además del discurso racional de los expertos, la deseabilidad o indesabilidad de que ocurran ciertos eventos y su factibilidad.

Como lo propone el método prospectivo, el fijar un horizonte de largo plazo, hace posible que el experto entrevistado pueda imaginarse escenarios que desde su “experiencia” pudieran ocurrir y que llevan de la mano la pregunta: ¿cómo ocurrirá? Conviene diferenciar y considerar también la deseabilidad de que esto o aquello suceda. En algunos casos pudiera ser necesario preguntar sobre la posibilidad de que acontezca realmente: su factibilidad.

De esta manera, el cuestionario no está formalizado o estructurado, sino que es una guía temática elaborada a partir de lo que se desea indagar. Así, se proponen cuatro ejes, considerados como cruciales para el futuro de las ingenierías: *el capital humano, el desarrollo tecnológico, la infraestructura y las políticas públicas*. Cada eje contará a su vez con algunos tópicos a indagar (ver Guía Temática), pero éstos funcionan sólo como referencia para el entrevistado.

Para este ejercicio prospectivo, la entrevista se concibe como una conversación dirigida, donde una vez establecido el rapport, el entrevistador pregunta al experto en términos generales (preguntas detonantes), escucha lo que quiere y puede decir el entrevistado e indaga sobre algunos o todos los tópicos del tema. Deja libre al experto para que éste relate sus enfoques hacia el futuro. Será necesario que el entrevistador siempre inquiera sobre el futuro (¿ocurrirá?, ¿pasará?, ¿cómo sucederá?). La duración de la entrevista puede extenderse como máximo 1 hora 30 minutos, y deberá por lo menos tocar las dos preguntas generales y los temas preferentes seleccionados para cada entrevistador de la Guía Temática.

Las entrevistas deberán ser grabadas y posteriormente transcritas para su análisis y sistematización.

Guía temática para la entrevista a profundidad
(Cuestionario semiestructurado)

Preguntas generales (*para todos*)

1. ¿Cuáles han sido los cambios más importantes en el campo de la ingeniería en los últimos 30 años, a nivel internacional y nacional?
2. ¿Cuáles cree usted que serán las transformaciones más significativas al año 2030 a nivel internacional y nacional?

Eje 1: Capital humano (el ingeniero del siglo XXI)

Pregunta detonante:

1. ¿Cuál es el perfil del ingeniero que se requerirá en el futuro (2030)? ¿Cuáles son las diferencias con el perfil actual?

Tópicos:

- Competencias y prácticas profesionales.
1. ¿Qué competencias serán más importantes de desarrollar para formar ingenieros que puedan desempeñarse en los escenarios profesionales futuros?
 2. ¿Cómo modificará la identidad y las prácticas profesionales de los ingenieros, el impacto de la globalización y del desarrollo científico y tecnológico?

- El perfil de las escuelas de ingeniería en el futuro.
 1. ¿Cuáles serán las características predominantes de las escuelas de ingeniería en cuanto a docencia, investigación y vinculación con la sociedad y el medio ambiente?
- El papel de las TIC en el desarrollo de las prácticas profesionales de las ingenierías en el futuro.
 1. ¿Cómo modificarán las TIC las prácticas profesionales de la ingeniería; en qué sentido: conservación *versus* transformación de su identidad (saber básico duro vs. saberes lábiles)?
- Grado de inserción en el mercado de trabajo.
 1. ¿Los estudiantes de ingeniería están preparados para trabajar en los nuevos entornos sociales y laborables?; ¿están teniendo el entrenamiento práctico que demanda la industria?

Eje 2: Desarrollo tecnológico

Pregunta detonante:

1. ¿Cómo será el desarrollo tecnológico de México hacia el año 2030 y qué papel juega el desarrollo de la ingeniería en él?

Tópicos:

- Campos o áreas de futuro para la ingeniería.
 1. ¿Cuáles serán los campos de la ingeniería de mayor desarrollo en el futuro, a nivel internacional? (mencione al menos cinco)
 2. En el ámbito nacional: ¿cuáles campos o áreas de la ingeniería serán los dominantes, cuáles los estables y cuáles los decadentes o definitivamente extinguidos?
 3. ¿Cuáles serían los campos de creación de las nuevas ingenierías?
- Deseabilidad y factibilidad de modelos tecnológicos propios y novedosos.

1. ¿Cuál es la relación entre la dependencia tecnológica y el desarrollo industrial en México y cómo evolucionará en el futuro (aumentará la dependencia o disminuirán las brechas tecnológicas?; ¿México desarrollará modelos tecnológicos propios?
2. ¿Cuáles serían las características de los modelos tecnológicos innovadores en México?

Eje 3: Infraestructura

Pregunta detonante:

1. ¿Describa la infraestructura básica que sería necesaria desarrollar para el año 2030, que permita impulsar la productividad y la competitividad de México?; ¿qué se requiere para ello?

Tópicos:

- Desarrollo de modelos productivos y modelos competitivos.
1. ¿Qué se requerirá para desarrollar la infraestructura local regional y nacional?
 2. ¿Qué infraestructura permitiría desarrollar métodos productivos para grandes, pequeñas y medianas empresas?

Grado de vinculación de las instituciones educativas con los sectores productivos.

1. ¿Cómo podrá lograrse una mayor vinculación entre los sectores productivos y los centros de desarrollo tecnológico (universidades, laboratorios, centros de investigación, etcétera)?

Eje 4: Políticas públicas

Pregunta detonante:

1. ¿Qué políticas públicas recomendaría para impulsar, con apoyo en la tecnología y en la ingeniería, un mayor y mejor desarrollo en México hacia el año 2030?

Tópicos:

- Estrategias de política pública.
1. En términos estratégicos de largo plazo ¿qué política pública es más importante y factible desarrollar en México?, y ¿cuál es más deseable?:
 - a. La expansión y modernización de las infraestructuras nacionales.
 - b. La creación de laboratorios y espacios de generación de conocimientos aplicados.
 - d. Recursos humanos calificados con salarios competitivos.
 - e. Políticas de formación y capacitación.
 - f. Estrategias para el desarrollo de la ciencia y la tecnología.
 - g. Otras (mencione).
 2. ¿Qué políticas públicas pudieran contribuir sinérgicamente al desarrollo de la competitividad en México?; ¿cómo pudiera contribuir la ingeniería y los ingenieros a generar e implementar dichas políticas?
 3. ¿Qué actores sociales deben participar en la formulación de políticas públicas de largo plazo, relacionadas con el desarrollo tecnológico, productivo e ingenieril?

Esta obra se terminó de imprimir el 20 de febrero de 2010,
en los talleres de:

Creatividad Gráfica
Secc. 10, No. 5, Río de Luz, Ecatepec
Estado de México, C.P. 55100
Tel. 5774 79 31 y 5148 3914

El tiraje fue de 1,000 ejemplares.