

El papel del ingeniero mecánico en el contexto energético actual

María Dolores Durán García*



Recepción: 21 de enero de 2009

Aceptación: 27 de mayo de 2009

* Facultad de Ingeniería. Universidad Autónoma del Estado de México.

Correo electrónico: mduran@fi.uaemex.mx

"It is change, continuing change, inevitable change, that is the dominant factor in society today.

No sensible decision can be made any longer without taking into account not only the world as it is, but the world as it will be...."

Isaac Asimov

Resumen. En el presente trabajo se analiza, en primer término, la evolución del papel del ingeniero a través de la historia, desde sus orígenes en la Revolución Industrial hasta nuestros días; asimismo se abordan las diferentes formas en que se ha ido concibiendo la función del ingeniero mecánico y los efectos de la situación económica, tecnológica y medioambiental en estas percepciones sociales. Esta última implicación, la ambiental, sirve de base para establecer la responsabilidad actual de este profesional de la Ingeniería en el consumo de energía, tanto en México como a nivel mundial y el papel que debe cumplir en el diseño de sistemas que permitan transformar y/o emplear la energía de manera racional y eficiente. Con base en lo anterior, finalmente se indican algunos de los conocimientos y habilidades que este profesional debe adquirir durante su formación profesional, para cumplir con esta importante responsabilidad.

Palabras clave: contexto energético, ingeniería, currículum del ingeniero mecánico.

Introducción

Desde principios del siglo xx, la dinámica tecnológica comenzó a ser una constante; la evolución en este campo ha sido tan vertiginosa que ha ido afectando, de manera ineludible, las condiciones humanas, económicas y sociales. Estos cambios han impactado también en la educación, propiciando la recon-

The Mechanical Engineer Role in the Actual Energetic Context

Abstract. This paper analyzed, first, the engineer's role evolution through history, from its origin in the Industrial Revolution to the present day. In particular, it analyzes the ways in which the concept of mechanical engineer has developed and how the economic, technologic and ecological situations have affected it. This analysis establishes the actual responsibility for energy consumption the mechanical engineer has when designing systems, in Mexico or anywhere else, using material and energy resources in a rational and efficient way. Taking this into account, it indicates some of the topics the mechanical engineer curriculum must have in order to attempt this important responsibility.

Key words: energetic context, engineer, mechanical engineer curriculum.

figuración de los modelos universitarios y, por supuesto, de las disciplinas de carácter tecnológico del nivel de educación superior. De ahí que dichas disciplinas, entre ellas la ingeniería, hayan adquirido especial relevancia en los últimos años.

Sin embargo, esta actividad profesional que se dedica al estudio y aplicación de las diversas ramas de la tecnología es muy amplia, por lo que el presente trabajo se enfocará

únicamente a la ingeniería mecánica y al análisis de los cambios tecnológicos, del deterioro ambiental y, particularmente, del contexto energético, y cómo en su conjunto influyen en la conceptualización social de esta disciplina.

Si se considera importante hacer énfasis en esta profesión, es debido a los bruscos cambios ambientales y a las crisis energéticas que se han ido gestando desde la década de los setenta, y más gravemente en los últimos años. Estos hechos han puesto en evidencia que la energía constituye un recurso que afecta de forma directa el desarrollo de los países, así como la necesidad de contar con un profesional como el ingeniero mecánico que sea capaz de transformar y optimizar el uso de este medio de subsistencia para el bienestar de la población en general.

1. Conceptualización

1.1. Conceptualización de la ingeniería

Existen múltiples acepciones que pretenden definir a la ingeniería, por lo que aquí se incluyen las que se consideran más claras y precisas. De acuerdo con un reporte de la *Accreditation Board for Engineering and Technology*¹ (ABET, 1994), la ingeniería es:

La profesión en la cual el conocimiento de la matemática y las ciencias naturales, la experiencia y la práctica es aplicado con juicio para desarrollar maneras de utilizar económicamente los materiales y las fuerzas naturales para el beneficio de la naturaleza humana (Wright, 1994).

Por otro lado, en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Colombia, la placa conmemorativa del edificio 401 cita:

La ingeniería es la profesión en la que el conocimiento de las matemáticas y ciencias naturales, obtenido mediante estudio, experiencia y práctica, se aplica con juicio para desarrollar formas de utilizar, económicamente los materiales y las fuerzas de la naturaleza para beneficio de la humanidad y del ambiente (Gallegos, 1999).

1. La ABET es una federación de Estados Unidos reconocida por la Oficina de Educación, y está conformada por 28 sociedades de Ingeniería; dicha organización coordina la Comisión para la Acreditación de la Ingeniería (*Engineering Accreditation Commission*—EAC-), que es la encargada de acreditar los programas educativos de esta disciplina en este país americano. De hecho, una de las condiciones para obtener una licenciatura como ingeniero profesional en E.U., es estar graduado de una universidad acreditada por ABET (Prados, 1998).

Como se observa, las diferentes conceptualizaciones de la profesión la relacionan de manera intrínseca con el ser humano, debido a que su fin último es la solución de problemas generados por el hombre. Sin embargo, al tratarse de una disciplina de carácter tecnológico, se encuentra ligada al cambio, por lo que la concepción que se tenía de ella en el siglo pasado, no puede ser la misma que la actual. De hecho, en 1994, en la reunión anual de la ABET se acordó la necesidad de reevaluar en forma constante este tipo de carreras para que se fueran adecuando al desarrollo tecnológico y para que, a un mismo tiempo, pudieran estar incorporando algunas situaciones pragmáticas a los planes de estudio como la escasez de recursos y el deterioro ambiental.

Posteriormente, esta misma organización publicó el documento *Sustaining the Change* (ABET, 2004) en el cual se realiza esta necesidad de hacer modificaciones continuas a los programas de estudio de las carreras de carácter tecnológico, para dotar de una mayor relevancia a los aspectos tanto ambientales como sociales.

Así, la ingeniería, por ser una carrera de tipo tecnológico vinculada estrechamente con el uso de los recursos naturales y su posible aplicación a la solución de los problemas y necesidades del ser humano, requiere prestar especial atención a los aspectos ya mencionados, particularmente a los energéticos.

1.2. Conceptualización de la ingeniería mecánica

Antes de que existiera como tal la ingeniería mecánica, eran los físicos quienes aplicaban teorías y realizaban experimentos diversos para tratar de resolver los problemas cotidianos de la humanidad. Poco a poco dichas pruebas científicas derivaron en la construcción de máquinas relativamente simples; el ahorro de tiempo y de recursos que estas máquinas hacían posible, hizo que la industria volteara sus ojos hacia ella, y percibieran su gran utilidad, lo que detonó una creciente demanda de aparatos y dispositivos cada vez más complejos. En realidad, la Revolución Industrial sobrevino como consecuencia de la introducción paulatina de maquinaria en los talleres, lo que permitió que tiempo después estos lugares se convirtieran en fábricas e industrias florecientes.

La dificultad inherente a la invención y utilización de máquinas más sofisticadas, trajo consigo la necesidad de una disciplina específica para ello, lo que dio origen a la ingeniería mecánica que, basándose en los principios físicos de los primeros tiempos, permite la creación de dispositivos útiles para el hombre.

Así, durante los siglos XIX y XX, el conocimiento científico se fue incrementando gracias a la inmensa distribución y obtención de información. Datos acerca de la estructura

de la materia, de los fenómenos electromagnéticos, de los elementos químicos; información en torno a las leyes del movimiento, a los procesos de transformación de la energía y muchos otros aspectos del mundo físico, se fueron divulgando y extendiendo, lo que dio lugar a una mayor especialización de la disciplina.

Sin embargo, debe destacarse que aun con estos avances en el campo de la ciencia, mucho de lo que se enseña en la actualidad, incluso en los cursos básicos de física, no se conocía a principios del siglo XIX; fue precisamente gracias a los ingenieros, quienes se percataron del potencial que tenía este cuerpo de conocimientos y su aplicación para la solución de problemas, que surgió la ingeniería mecánica moderna.

Entre las distintas acepciones que hoy en día existen de esta disciplina, se encuentra la propuesta por Edward Krick, autor de numerosos textos relacionados con ella, tal como "Introducción a la Ingeniería y al Diseño en Ingeniería" (1996) donde establece que:

La ingeniería mecánica es aquella actividad profesional que se ocupa del diseño, construcción y operación de sistemas mediante los cuales se convierte la energía en formas mecánicas útiles como son las máquinas de vapor, motores de combustión interna, etc.; y los mecanismos necesarios para convertir la energía de salida de esas máquinas a la forma deseada.

De acuerdo con el presidente de la Sociedad Mexicana de la ingeniería mecánica, Jaime Cervantes de Gortari (2008), el papel de esta disciplina para los próximos 20 años deberá consistir en desarrollar nuevas tecnologías y técnicas que apoyen el crecimiento económico y promuevan el desarrollo sustentable de recursos como la energía y el agua.

En los planteamientos expuestos, se hace énfasis en que la ingeniería mecánica se encuentra directamente relacionada con la aplicación y desarrollo de maquinaria para generar o transformar cierto tipo de energía y emplearla en un proceso útil. Estos postulados permiten reafirmar la vinculación existente entre el ingeniero mecánico y su papel en la transformación y aplicación de dicha energía.

Pero ¿en qué medida el contexto energético, así como el deterioro ambiental, puede influir en el desarrollo y por lo tanto en la concepción de esta disciplina? En el apartado siguiente tratará de darse respuesta a esta interrogante.

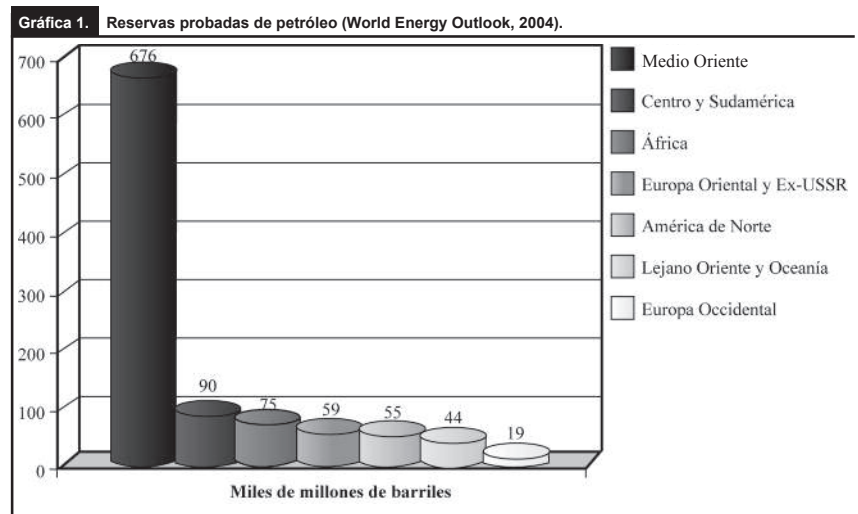
2. El contexto energético actual y la ingeniería mecánica

2.1. Contexto energético y deterioro ambiental

Al realizar un análisis del contexto energético actual se puede observar que el petróleo y los combustibles fósiles siguen siendo la principal fuente de abastecimiento de energía primaria –aproximadamente 90%– a nivel mundial. Pero es de todos conocido que las reservas de hidrocarburos están próximas a agotarse, y que los yacimientos de este energético se encuentran localizados sólo en determinadas zonas cuyos costos y accesos se encuentran vedados a la mayor parte de los países, lo que trae como consecuencia que dependan de otras naciones para abastecerse. Así pues, la gráfica 1 muestra que los países del medio oriente poseen la mayor cantidad de las reservas de petróleo del mundo y, de esta forma, se tiene una gran dependencia con ellos.

Por otro lado, el uso continuo de los combustibles fósiles ha contribuido al incremento en la concentración de Dióxido de Carbono –CO₂– y otros gases efecto invernadero, lo que a su vez propicia el aumento progresivo de la temperatura en la Tierra, así como la emisión de gases causantes de la lluvia ácida que altera los equilibrios de los diversos ecosistemas del planeta.

De hecho, el consumo de energía se ha ido incrementando exponencialmente en los últimos años, principalmente en aquellas zonas más desarrolladas industrialmente, se espera que esta demanda crezca en 1.6% cada año entre 2006 y 2030. Sin embargo, la distribución del consumo de energía no es equitativa, ya que aproximadamente tres cuartas partes de la energía primaria que se genera a nivel mundial se destina para el abastecimiento de una cuarta parte de la población (UNFPA, 2004). Así, países como Estados Unidos



tienen un consumo aproximado de 90 mil kWh/hab al año, lo que significa 5 veces más que el consumo de energía promedio de un mexicano (OES, 2002).

Naciones como España, por ejemplo, presentan un consumo aproximado que equivale al doble del consumo promedio de un habitante de México. Así pues, para que toda la población actual de nuestro país pudiera aspirar a tener el nivel de vida de un europeo, se requeriría de una capacidad de generación instalada de más de 75 mil MW y actualmente sólo se cuenta con cerca de la mitad (Rincón, 2004).

De acuerdo con estadísticas de *World Energy Outlook* 2004,² la demanda mundial de energía primaria aumentará en un 59% para el año 2030, esto se traduce a cerca de 16 000 Mtep,³ como se observa en la gráfica 2. El 85% de este incremento se traducirá en un requerimiento global de carbón, gas y petróleo —combustibles fósiles—, y dos tercios de esta demanda procederán de países en vías de desarrollo, especialmente de India y China. Con base en las cifras descritas en los párrafos anteriores resulta evidente que el sistema energético actual que está basado en los combustibles fósiles, se volverá insostenible en el corto o mediano plazo.

El agotamiento de las reservas actuales y el consiguiente deterioro del medio ambiente exigen medidas drásticas; nos obligan a tomar acciones concretas en orden a aprovechar de manera más racional la energía proveniente de

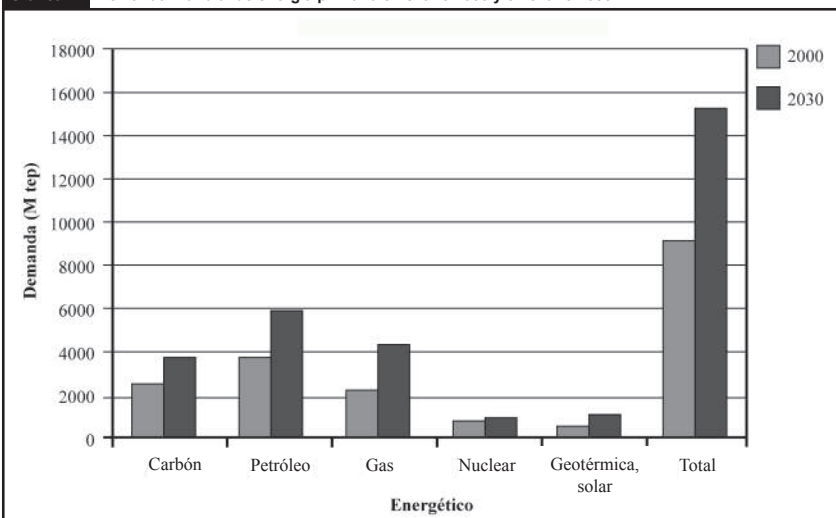
estos combustibles. Y lo que resulta más importante aún, nos impulsa a tratar de aprovechar las fuentes de energía renovables que son inagotables y poco o nada contaminantes. Si se considera que más de la mitad de la energía primaria es consumida por la industria, entonces el sector industrial tiene que asumir sus responsabilidades y el papel preponderante que juega en esta materia, debiendo buscar procesos y equipos que aprovechen de una manera más racional los recursos.

Aunque ya se han comenzado a tomar acciones en los diversos ámbitos, aún queda mucho por hacer: los hogares, las empresas y los automovilistas tendrán que modificar la manera en la que utilizan la energía, en tanto que los suministradores deberán invertir en el desarrollo y comercialización de tecnologías de baja emisión de dióxido de carbono y otros contaminantes. Los gobiernos, por su parte, deberán establecer incentivos financieros adecuados y marcos de regulación que apoyen los objetivos de disminución de consumos energéticos y de protección al ambiente. La supresión de las subvenciones, que en 2007 alcanzaron la cantidad de 310 mil millones de dólares en los 20 mayores países no miembros de la OCDE, (WEO, 2004) apoyaría a disminuir considerablemente la demanda energética.

Particularmente en la industria se pueden adoptar medidas que permitan el ahorro de energía así como la disminución de emisiones, estas medidas pueden ser: realizar modificaciones a los procesos industriales,

en orden de hacerlos más eficientes y aprovechar de una mejor manera los recursos naturales y energéticos; la instalación de sistemas de cogeneración para media y baja potencia, así como sistemas de ciclo combinado con cogeneración para alta potencia; sistemas de iluminación más eficientes; aprovechamiento de energía solar en los procesos que involucran energía térmica; entre otras. Y quien puede dirigir e instrumentar dichas acciones es, precisamente, el ingeniero mecánico, cuyo rol en este contexto se ha vuelto determinante, como se describirá en el apartado siguiente.

Gráfica 2. Demanda mundial de energía primaria en el año 2000 y en el año 2030.



2. El *World Energy Outlook* es un anuario estadístico editado por la *International Energy Agency* (Agencia Internacional de Energía) que proporciona información relevante a nivel mundial en torno a este tema, que puede servir como base para la realización de proyecciones a mediano y largo plazo, así como para análisis diversos relacionados con las tendencias en el uso de la energía a nivel global (IEA, 2008).
3. (Tep) La tonelada equivalente de petróleo es una unidad de energía. Su valor equivale a la energía.

vez más eficientes. Esto, no sólo se refiere a la proyección y operación de sistemas para transformación o generación de energía, sino también al diseño de procesos industriales que aprovechen eficientemente los recursos tanto energéticos como materiales.

Ello pone en evidencia la importancia de las funciones de un profesional como el ingeniero mecánico, quien puede ejercer su actividad en un amplio abanico de campos, entre los que pueden destacar la fabricación, la logística, el diseño mecánico, el mantenimiento; la gestión de procesos, la automatización, la tecnología de materiales, la energía, etc. Este gran número de actividades hace aconsejable la especialización del profesional en ciertas áreas, pero sin dejar de lado la necesaria preparación general del estudiante, que le permita complementar su formación universitaria que, en un futuro le pueda servir de base para adquirir su independencia en el mercado laboral.

Porque un profesional de la ingeniería mecánica debe ser capaz de diseñar, crear y desarrollar nuevos productos, pero siempre teniendo en cuenta las implicaciones futuras de dicho desarrollo, así como su adecuación a las condiciones ambientales, a la escasez de recursos y a las tendencias futuras.

En este marco de innovación en el cual se desarrolla el ingeniero mecánico, pueden citarse las tendencias en el diseño automotriz, por mencionar un ejemplo: en los años setenta y ochenta se buscaba diseñar autos más potentes, sin importar el consumo de combustible, ni las emisiones contaminantes. Actualmente, las prioridades son distintas, por lo que se tiende a diseñar motores más eficientes que puedan aprovechar mejor el combustible; así como emplear combustibles más limpios –como etanol o biodiesel– que permitan disminuir las emisiones contaminantes. En este sentido, se puede afirmar que suele sacrificarse parte de la potencia por la reducción de emisiones.

Otro ejemplo de innovación, es el diseño de centrales de cogeneración, en las cuales el ingeniero debe acoplar una planta térmica o motor de combustión interna para generar energía eléctrica que abastezca a dicha planta y, a su vez, aprovechar la energía térmica de desecho para después emplearla en algún proceso que requiera un fluido a alta temperatura (entre 90° y 300°C). En este sentido, entidades gubernamentales como la CONAE promueven el uso de este tipo de tecnologías brindando apoyo, por medio de fideicomisos, a las empresas que decidan generar su propia electricidad por estos medios.⁴ En este tipo de proyectos el ingeniero mecánico tiene un papel sumamente importante puesto que es quien se encarga de diseñar, dimensionar e instrumentar el sistema.

Por otro lado, este profesional también tiene un papel preponderante en el diseño de sistemas de combustión para hornos o calderas que disminuyan la emisión CO₂, NO_x y otros gases nocivos para el medio ambiente y sistemas térmicos que aprovechen de manera óptima la energía química de los combustibles. Más aun, actualmente los sistemas térmicos se diseñan desde un punto de vista “*ambiental*”⁵ que incluye, no sólo los aspectos térmicos y económicos, sino también las emisiones y el efecto que tendrán a nivel ambiental, incluyendo el costo por emisiones contaminantes.

Los ejemplos citados son sólo algunas de las evidencias que muestran, en términos prospectivos, que el desarrollo científico y tecnológico se encuentra dirigido hacia la búsqueda de procesos y el diseño de equipos más eficientes que reduzcan el impacto ambiental negativo y a su vez hagan posible optimizar los recursos económicos, materiales y energéticos. Por lo tanto, el ingeniero mecánico debe estar preparado para afrontar estos retos y constituirse en el profesional competitivo e innovador que la sociedad demanda.

Con base en estos planteamientos debe resaltarse que el campo de estudio de la ingeniería mecánica no debe limitarse a la búsqueda de la eficacia de los procesos industriales, sino también al diseño de sistemas que satisfagan las necesidades del entorno, de manera eficiente y sustentable.

Finalmente, es conveniente destacar la necesidad de que el ingeniero mecánico adquiera todas aquellas herramientas tanto profesionales como laborales que le permitan innovar y desarrollar nuevas tecnologías, económicas y sustentables. De aquí la importancia de dotarlo de conocimientos de las diferentes disciplinas relacionadas con su profesión (diseño mecánico y ciencias térmicas, entre otros), además

4. CONAE (Comisión Nacional de Ahorro de Energía) por medio del FIDE, “Fideicomiso para el ahorro de energía” promueven y brindan apoyo económico para la aplicación de sistemas que permitan el ahorro de energía (www.fide.org.mx) que hay en una tonelada de petróleo y como puede variar según la composición de éste, se ha tomado un valor convencional de: 41.868.000 kJ = 11.630 kWh.
5. Ambiental es una traducción del inglés *Environmental* que engloba un análisis desde el punto de vista termodinámico, económico y ambiental, incluyendo tasaciones por emisiones de gases nocivos como CO₂ u otros gases efecto invernadero. Este tipo de análisis es más común en países de la Comunidad Europea y aquellos que firmaron el Protocolo de Kioto ya que uno de los compromisos adquiridos al firmar dicho protocolo les obliga a tasar por emisiones. Esto se hace porque combustibles como el carbón son económicos pero muy contaminantes. Mayor información sobre los análisis ambientales puede hallarse en (Frangopoulos, 1992) y (Khavari, 1993).

de incrementar su capacidad de análisis y de síntesis, de formulación y solución de problemas, de liderazgo y toma de decisiones, entre otras competencias, que podrán convertirlo en un profesional integral, al mismo tiempo que un especialista en la problemática energética actual.

Conclusiones y comentarios finales

Con los planteamientos expuestos, se ha pretendido poner en evidencia de qué forma ha cambiado la función social del ingeniero y, particularmente del ingeniero mecánico, a lo largo de los años debido, en gran medida, al desarrollo tecnológico y a los impactos sociales negativos que han ido propiciando la escasez de recursos naturales y energéticos, así como el deterioro ambiental.

Asimismo, se analizaron diferentes acepciones de esta disciplina y se concluyó que la ingeniería mecánica se encuentra vinculada fuertemente con el desarrollo de sistemas que involucran la transformación de energía en formas mecánicas útiles.

Se dio a conocer el trascendente rol que desempeña el ingeniero mecánico en los avances científicos y tecnológicos de un país y la importancia de una formación profesional sólida en el área, al mismo tiempo que especializada, para el diseño de equipos que puedan aprovechar de manera eficiente los recursos materiales y energéticos.

Las crisis en materia de energía que han venido gestándose desde los años setenta y que se ha agravado aun más a últimas fechas han obligado a la población a hacer un uso más racional de este recurso, y esta conciencia social ha provocado a su vez, que este profesional de la ingeniería dirija sus conocimientos y habilidades al desarrollo de equipos y procesos innovadores que contribuyan al mejor aprovechamiento energético.

Por ello, se reitera la necesidad de que el ingeniero mecánico esté lo suficientemente preparado —tanto en el escenario actual como en el futuro—, para seguir estándares y adaptar los sistemas de manufactura ya existentes; para incorporar tecnologías de otros países a procesos locales, pero también, que sea un profesional responsable capaz de innovar, de adquirir habilidades y entrenamientos especiales, de adaptarse a circunstancias diversas y sobre todo, que sepa adquirir y aplicar sus conocimientos y ponerlos al servicio de la ciencia y la tecnología y, por ende, del bienestar general.

Como comentario final es importante decir, que durante muchos años en el currículum del ingeniero mecánico se ha dado mayor énfasis a los conocimientos y habilidades relacionados con el ámbito de la administración industrial, como son la administración de la producción, la ingeniería económica, la gestión de procesos, entre otros. Estos conocimientos y habilidades son sumamente importantes, sin embargo se ha considerado que los conocimientos relacionados con el área energética tienen un uso menor durante el desempeño de este profesionista. Como se ha expuesto a lo largo de este trabajo, esta situación está cambiando y lejos de considerar que las asignaturas relacionadas con el área energética, como son la transferencia de calor, diseño de equipos térmicos, diseño de motores térmicos, entre otras, como optativas para este profesionista, deben considerarse como parte primordial de su plan de estudios. Asimismo, se sugiere vincular a los estudiantes de ingeniería mecánica, con el desarrollo de proyectos de ahorro de energía o de desarrollo de fuentes renovables de energía. Todo esto con el fin de que este profesional tenga una fuerte base en este ámbito y sea capaz de cumplir las demandas actuales de la sociedad y de la industria.

orig

Bibliografía

- ABET (2004). *Sustaining the Change. Accreditation Board for Engineering and Technology*, Baltimore, USA.
- ANUIES (2002). *Población a nivel licenciatura*. Anuario Estadístico 2002, Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Educación Superior, México. <www.anui.es.mx> (octubre de 2008).
- Arciniega, T. (2004). *De la termodinámica a la Ingeniería Térmica. Los currículos de los ingenieros técnicos industriales*. III Jornadas Nacionales de Ingeniería Termodinámica, Universidad Politécnica de Valencia, España.
- Cervantes De Gortari, J. (2008). *El futuro de la Ingeniería Mecánica*. XIV Congreso Internacional Anual, Cholula, Puebla. Septiembre 17-19, 2008. Sociedad Mexicana de Ingeniería Mecánica/Universidad de las Américas, Puebla. <http://www.somim.org.mx/docs/Cholula.ppt#285,1,Diapositiva 1> (octubre de 2008).
- Frangopoulos, A. (1992). "Optimization of a Combined-Cycle Plant with Thermodynamic, Economic and Environmental Considerations", *Proceedings of the International Conference of Energy, Efficiency in Process Technology*. Athens, Greece.
- FIDE. *Fideicomiso de ahorro de energía*. <www.fide.org.mx> (diciembre de 2008).
- Gaggioli, R. (2007). *Features of an Introductory course in Thermofluids*. Proc. ECOS, Vol. 3.

- Gallegos, H. (1999). *La Ingeniería*, Fondo Editorial de la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima, Perú.
- IEA (2008). *World Energy Outlook. The authoritative source of energy analysis and projections*. International Energy Agency. <<http://www.worldenergyoutlook.org/>>/ (octubre de 2008).
- Khavari, F. (1993). *Environomics: The Economics of Environmentally Safe Prosperity*. Westport, CT: Praeger.
- Krick, E. (1996). *Introducción a la ingeniería y al diseño en ingeniería*. Editorial Limusa, México.
- OES (2002). *Energy Information Administration. Oficial Energy Statistics from us Government*. USA.
- Prados, J. W. (1998). *Engineering Education in the United States: Past, Present, and Future*. <<http://www.ineer.org/Events/ICEE1998/Icee/papers/255.pdf>> (octubre de 2008).
- Rincón, E. (2004). *Perspectivas de las energías renovables*. Energía en Debate, abril 2004.
- Rojas Bravo, G. (2005). *Modelos universitarios. Los rumbos alternativos de la universidad e innovación*. Ediciones del Fondo de Cultura Económica, México.
- Rugarcía, A. (1997). *La formación de ingenieros*. Editorial Lupus Magister, México.
- UNFPA (2004). Informe del Estado de la Población Mundial 2004. United Nations Population Found.
- Villaseñor, G. (2004). *La función social de la educación superior en México*. Ed. Casa Abierta de México.
- Wright, P. H. (1994). *Introducción a la ingeniería*. Ediciones Addison-Wesley/Iberoamericana. Traducción del inglés de “Introduction to Engineering”, editado por John Wiley & Sons.

Gráfica 2. Demanda mundial de energía primaria en el año 2000 y en el año 2030.

