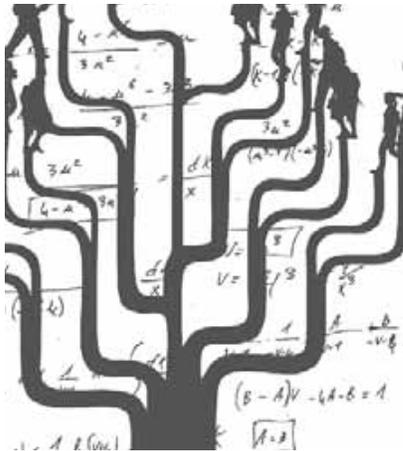


Metodología para determinar el tiempo de respuesta de las carreras de ingeniería a las necesidades operativas de la plataforma tecnológica de la industria mexicana



Luis Roberto Vega González
Lizbeth Andrea Rodríguez Román

Universidad Nacional Autónoma de México;
Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico,
(CCADET), Coordinación de Vinculación y
Gestión Tecnológica.
lrv@g@servidor.unam.mx

Recepción: 07 de abril de 2009 | Aceptación: 27 de septiembre de 2009

Resumen

En México la creación de las carreras de ingeniería ha sido impulsada por la necesidad de formar profesionales para atender, operar y mantener la plataforma tecnológica industrial que ha sido el soporte de su economía a lo largo de los años. El objetivo de este trabajo es presentar una metodología para determinar en forma aproximada el *tiempo de respuesta* (σ_R) universitario, entendido como la brecha existente entre el tiempo de demanda de profesionales por parte de la industria nacional (t_{di}) y el tiempo de creación de las carreras de ingeniería (t_{cc}). Los resultados muestran que los esfuerzos que ha hecho la universidad para responder a las demandas de ingenieros por parte de la sociedad, han sido adecuados y flexibles. La brecha entre los tiempos de demanda y los tiempos de creación de las carreras de ingeniería ha disminuido constantemente a lo largo de los años.

Palabras clave

Tiempo de respuesta
Formación en ingeniería
Plataforma tecnológica
Sistemas sociales

Methodology for response time determination of engineering careers to the Mexican industrial technological platform demand

Abstract

In Mexico the creation of engineering careers have been fostered by the need of professionals capable to attend, operate and maintain the industrial technological platform that has supported the national economy through the years. The objective of this work was to present a methodology for the determination of the universities response time (σR) understood as the gap existing between the time of professionals request (tdi) from the national industry and the time of engineering career creation (tcc). The results show that the university efforts responding to society demand for engineers has been flexible and adequate. The gap between the time of industrial demand and the time of engineer career creation has been diminishing constantly through the years.

Key words

Response Rime
Engineering Education
Technological Platform
Social Systems

La ingeniería y la Plataforma Tecnológica



La ingeniería existe prácticamente desde los orígenes de la humanidad, baste recordar las maravillosas edificaciones del mundo antiguo tales como las pirámides de Egipto, el Coliseo romano, los acueductos romanos, la Gran Muralla China, y muchas, muchas otras. La ingeniería está directamente relacionada con la tecnología. Según la Escuela de Ingeniería del Instituto de Tecnología de Massachussets EUA, la ingeniería es el desarrollo y aplicación del conocimiento científico y tecnológico para satisfacer las necesidades de la sociedad, dentro de los condicionantes físicos, económicos, humanos y culturales (De Neufville, 2007). De hecho, en todo el mundo, las diferentes áreas de la ingeniería han surgido y se han desarrollado a partir del dominio de las habilidades y procedimientos técnicos y de la aplicación de las ciencias físico-matemáticas para la solución de problemas prácticos de la vida diaria. Desde el punto de vista de la economía, la tecnología es “la suma de prácticas y conocimientos necesarios para producir bienes y servicios”. (Sabino, 1991, p.272).

Por lo tanto, independientemente del enfoque, generalmente se piensa que esta actividad está encaminada a mejorar la calidad de vida de la sociedad mediante la manipulación de las leyes de la naturaleza para poder transformarla.

En nuestro país, los ingenieros empíricos han existido desde los tiempos prehispánicos. Los conquistadores trajeron las técnicas y los conocimientos científicos disponibles en esa época, los cuales sirvieron como el fundamento para su formación profesional; así, los ingenieros se convirtieron en profesionales de la tecnología.

La Plataforma Tecnológica (PT) es un concepto muy relacionado con la ingeniería y es ampliamente utilizado en micro y macroeconomía. Se usa entre otras cosas, para definir las diferentes tecnologías con las que cuenta un país o una empresa en un determinado sector industrial. El concepto de Plataforma Tecnológica se puede considerar como una generalización del concepto de paquete tecnológico, entendido como el conjunto de tecnologías de operación, producto, proceso y equipo desarrollados y/o utilizados por las empresas públicas o privadas productoras de bienes o servicios. (Vega, 2005).

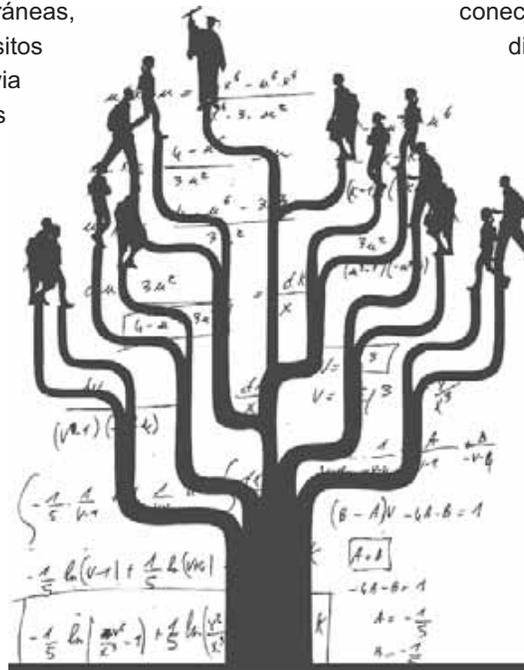
En este trabajo, consideraremos que la PT industrial es la capacidad instalada medida a través del conjunto de equipos, sistemas y plantas industriales de proceso y de manufactura con las que cuentan los distintos sectores económicos de nuestro país. En particular nos ha interesado identificar el momento en el tiempo en el que se realizaron las primeras instalaciones industriales que requerían de ingenieros profesionales para su operación y mantenimiento. A este indicador lo hemos llamado tiempo de demanda inicial o (t_{di}). Aunque con fluctuaciones, la capacidad industrial instalada generalmente tiende a crecer después de que se presenta el t_{di} .

Evolución de la ingeniería y de la plataforma tecnológica industrial en México

Obras hidráulicas y caminos prehispánicos

Nuestros antepasados indígenas construyeron diversos tipos de obras hidráulicas, las que constituyeron la plataforma tecnológica fundamental de las épocas prehispánica y colonial. Entre las más importantes tenemos los chultunes o cisternas mayas subterráneas, los jagüeyes o depósitos artificiales de agua de lluvia a cielo abierto, excavados en terrenos cercanos a cerros en los que se canalizaban pequeñas corrientes pluviales o el agua de los techos. (Vega, 2005).

También construyeron acueductos artificiales para llevar agua a las poblaciones a partir de manantiales; tal es el caso de los acueductos de agua potable en la ciudad de Tenochtitlán, que



se abastecían del manantial de Chapultepec. Otro acueducto famoso fue el de los cerros Tezcutzingo y Purificación, en la zona de Texcoco, conocidos como los "baños de Nezahualcóyotl".

En esa época también se construyeron caminos como las rutas de los sacerdotes mayas o las calzadas que enlazaban a Tenochtitlan y presas de almacenamiento como la de Santa Clara Coatitlan en el Estado de México que data del 900 A.C. y la de Teopantecuanitlan (norte de Guerrero), cuya cortina es de piedras y tierra y almacenaba agua de manantial y de los escurrimientos de los cerros circundantes. Otras presas prehispánicas importantes se construyeron en Tlaxcala y Xoxocotlan en Monte Albán, Oaxaca. Además se perforaron pozos verticales para surtir de agua a las poblaciones al alcanzar los ríos subterráneos o los cenotes. (Rojas T., 2008).

En la Cuenca de México se desarrollaron obras monumentales tales como diques de protección y obras de riego de gran escala que llamaron poderosamente la atención de los españoles a su llegada en 1519. Las obras hidráulicas componían una verdadera telaraña, intrincada e interconectada con diques y calzadas-dique, que también funcionaban como caminos, grandes canales de navegación, de riego y de drenaje; presas, puentes, embarcaderos y compuertas. Esta compleja red de obras permitió la vida urbana en los islotes lacustres y el crecimiento de las ciudades y pueblos ribereños gracias a la construcción artificial de suelo, tanto agrícola como urbano. El gran dique al oriente de la ciudad de Tenochtitlan fue construido para evitar las inundaciones, ese dique fue demolido por los españoles

y nunca más fue reconstruido. Su destrucción ha sido la causa de grandes inundaciones de la capital. ITESCAM (s.f.)

En la época prehispánica existió una escuela de constructores llamada Texcalco o casa de obras públicas. (Ramírez, 1994).

Figura 1. Acueductos en Tenochtitlán



Fuente: De todo un poco: http://cachosdelared.blogspot.com/2008_05_01_archive.html

En Texcalco el joven aprendiz, era aceptado como oficial a cargo de un maestro y después de tres años de oficialía comprobada, solicitaba al cabildo el examen teórico-práctico para ser maestro y, de esta manera, convertirse en técnico y educador.

La introducción de caballos durante la colonia, impuso varias alteraciones en los caminos. Los principales caminos prehispánicos sufrieron modificados y se convirtieron en “caminos de herradura”. Posteriormente con la introducción de carros y otros vehículos con ruedas, hubo que ampliar los caminos, realizar nuevos trazos, disminuir sus pendientes y adecuar los puentes.

Las Minas y la ingeniería civil

Una vez que terminó la etapa bélica de la conquista, los españoles empezaron a hacer exploraciones para localizar yacimientos de oro, pero al no tener conocimiento de minería ni de metalurgia usaron las técnicas indígenas de minado. Por esta razón en

sus principios la producción fue escasa ya que los conocimientos especializados empezaron a surgir hasta el siglo XVI. Las primeras minas explotadas operacionalmente fueron las de Tehuantepec, aunque existen datos de que en 1525 hubo intentos de explotación en las minas de Zumpango, Guerrero, en Sultepec en el Estado de México y en Tlapujahua, Michoacán. En 1534 se descubrieron las minas de Taxco. El producto principal de estas minas por lo general era la plata. La actividad minera estuvo sujeta a legislación fundamentada en las ordenanzas reales.

El auge minero se dio hasta a mediados del siglo XVI pues se descubrieron minas en Zacatecas y posteriormente se encontraron yacimientos en Pachuca y Guanajuato.

Hacia el año de 1555 en Pachuca se desarrollaron nuevas tecnologías, como el sistema conocido como “beneficio de patio”, el cual permitía extraer la plata del mineral usando sal y pirita de hierro y mercurio, lo cual produjo más demanda de este último.

Por todo lo anterior, podemos afirmar que durante la época colonial el sector industrial que tuvo mayor desarrollo fue el de la *minería*. No es extraño entonces que desde la fundación de la universidad, las primeras carreras de ingeniería hayan estado ligadas con las ciencias de la tierra.

Se sabe que en 1774, Joaquín Velásquez Cárdenas de León y Lucas de Lassaga redactaron una carta al rey español en la cual pedían la construcción del Real Seminario o Colegio Metálico.

En 1780 se empezó a gestar en México la *primera escuela de ingeniería*, en el Colegio de San Miguel el Grande en la que se promovieron la física, la lógica, las matemáticas y la filosofía.

El 1° de enero de 1792 se inauguró oficialmente la *ingeniería minera* con el Real Seminario de Minería o Colegio Metálico en el Hospicio de San Nicolás.

Durante el siglo XIX la economía nacional se basaba en la minería y en las actividades comerciales. El control estaba en manos de los negociantes españoles quienes vendían plata, azúcar, cacao, pieles de ganado y adquirían vinos, herramientas, telas finas y aceite de oliva. El crecimiento del comercio era obstaculizado por la cobranza de los impuestos que cobraba el gobierno colonial y además la monarquía se reservaba el derecho de vender ciertos artículos, como el mercurio que era indispensable para la extracción de la plata.

En el gobierno de Benito Juárez se introdujo la carrera de *ingeniero civil* en 1867 y el Colegio de Minería se transformó en la Escuela Especial de Ingenieros.

Figura 2. Escuela Nacional de Ingenieros (actualmente Palacio de Minería)



Fuente: Revista Digital Universitaria: <http://www.revista.unam.mx/vol.11/num2/art19/int19a.htm>

En 1883 el presidente Manuel González transformó la Escuela Especial de Ingenieros en Escuela Nacional de Ingenieros. El nombre de la carrera de ingeniería civil se transformó al de ingeniero de Caminos, Puertos y Canales. (Jaimes & Tinoco, 2005). En 1897 Porfirio Díaz promulgó la Ley de Enseñanza Profesional de la Escuela de Ingenieros.

Históricamente la carrera de ingeniería con mayor número de alumnos inscritos ha sido la de inge-

nería civil. En 1904 de 203 alumnos inscritos en la Escuela Nacional de Ingenieros, 136 lo estaban en ingeniería civil.

En septiembre de 1910, con el impulso de Justo Sierra, se creó la *Universidad Nacional* de la cual formaba parte la Escuela Nacional de Ingenieros. En 1915 se creó la carrera de *ingeniero Constructor e Hidráulico*.

Figura 3. General Plutarco Elías Calles



Fuente: Fideicomiso Archivos Plutarco Elías Calles y Fernando Torreblanca: http://www.fapecft.org.mx/biogra_plutarco.html

Después de la revolución, México empezó a estabilizarse política y económicamente. Cada presidente marcó su influencia en el país a través de los sectores a los cuales dio apoyo. Por ejemplo, en la Figura 3 se muestra el presidente Plutarco Elías Calles quien impulsó a la ingeniería mexicana con la creación en 1925 de la Comisión Nacional de Caminos y en 1926 de la Comisión Nacional de Irrigación. (Comision Nacional del Agua, 2009). En 1945 ya había más de mil alumnos en la carrera de ingeniero constructor e hidráulico. (Mar, s.f.).

En cuanto a la explotación de otros minerales, fue hasta 1899 que se formó la primera Compañía Minera de Cananea, bajo propiedad del Lic. Hilario Santiago Gabilondo. En este entonces la compañía estaría formada por las minas "Juárez", "Que Esperanzas", "La Quintera", "Elenita" y "Alfredeña". El 30 de septiembre de 1899 Cananea se empezó

a explotar todo su potencial como uno de los centros mineros más importantes del mundo, ya que en esta fecha William Cornell Greene fundó y constituyó la empresa "The Cananea Consolidated Copper Company, S.A." (Conocida como las 4-C o CCCC), empresa que impulsaría al éxito minero de la entidad, con la extracción y tratamiento del Cobre. (Zorrilla, 2004).

Industria Textil

La más importante de las actividades de transformación industrial que se desarrolló en la Nueva España fue la obrajera o *textil*. En la colonia se fabricaban telas de lana y de algodón en talleres llamados obrajes que contaban con muchas máquinas de tejido ó telares. En ellos trabajaban indígenas asalariados. Los obrajes pagaban alcabalas o impuestos; generalmente se administraban y mantenían por los miembros de una familia y producían tejidos de calidad burda. Fabricaban vestidos y cobijas de lana y algodón de bajo costo para los mestizos e indios, que no podían comprar las costosas manufacturas europeas. El desarrollo de esta industria fue posible por lo barato de la materia prima y de la mano de obra indígena.

Hubo problemas en los obrajes de algunas encomiendas virreinales. Los indios eran retenidos allí como si se tratara de cárceles, esto originó muchas protestas de grupos religiosos, por lo cual el virrey prohibió el trabajo indígena en diversos decretos de los años de 1601,1609 y 1627. Por esta razón se sustituyó la mano de obra por la de esclavos negros. A comienzos de 1910 en México había 150 fábricas textiles. (Rodríguez, 2001).

Ingenios

En las instalaciones de los ingenios se procesa la caña de azúcar y se obtienen productos como el azúcar y el alcohol. La caña de azúcar fue traída a la Nueva España por Hernán Cortes y se cultivó principalmente en la zona de Cuernavaca y Cuautla; los plantíos de caña se aclimataron perfectamente en los valles semitropicales.

En un principio los virreyes alentaron la producción de azúcar y otorgaron tierras para el cultivo de ésta. Para 1580 el número de cañaverales era muy extenso y la comercialización alcanzó muy altos niveles. El azúcar de caña tuvo gran aceptación pues los españoles necesitaban de ella para su dieta. Más tarde los criollos y los mestizos también la adoptaron. Hacia 1600 funcionaban, en la zona de Cuernavaca y Cuautla de 12 a 15 ingenios. Entre los más importantes estaba el ingenio de Diego Caballero y el de Atlacomulco. Sin embargo, para fines del siglo XVI, el criterio virreinal se volcó a estimular principalmente la minería y por lo tanto poco a poco se relegó la producción azucarera. En 1599 el conde de Monterrey expidió la orden de no ocupar a los indios en los ingenios. Así pues, la agroindustria azucarera se frenó por más de 50 años, se recuperó y volvió a crecer hasta 1825 después de superar los primeros años de independencia.

El principal centro de consumo era la ciudad de México y sus alrededores, posteriormente se incrementó con la conexión ferroviaria con los puertos del Golfo de México tales como Veracruz, Tampico, Tuxpan y Matamoros y con las ciudades mineras norteafricanas; principalmente Guanajuato, Durango, San Luis Potosí, Zacatecas y Chihuahua.

Destilerías, vinos y licores

No se tiene una fecha exacta de las primeras destilerías en nuestro país, sin embargo, en 1538 el Gobernador de Nueva Galicia, ahora Jalisco, estableció una ley para controlar la producción de mezcal ya que en los siglos XVII y XVIII los españoles encabezaron la destilación de mezcal en las haciendas y en los ranchos. Pedro Sánchez de Tagle, en 1695 introdujo el agave en Tequila y estableció una taberna en Cuisillos. Ya en 1758, la familia Cuervo y Montañó fundaron la destilería en la hacienda de Arriba.

En 1785 el virrey Matías de Gálvez logró que el rey de España prohibiera la fabricación y venta de bebidas embriagantes, esta orden se abolió en 1795, y José María Guadalupe de Cuervo fundó una destilería en

la Cofradía de las Ánimas, que se llamaría después la Taberna de Cuervo, que es el origen de la actual Casa Cuervo. (Cuervo et al., 1995).

En el gobierno de Antonio López de Santa Anna se fomentó la industria de vinos y licores con la creación de la Escuela de Agricultura (1832).

Tequila Sauza se originó en 1873 y Tequila Herradura en 1870. (Boullander, 1929). Para finales de Siglo la tercera parte de la producción de mezcal y de tequila se exportaba a los Estados Unidos de Norteamérica. A finales del siglo XIX se instalaron las primeras destilerías de tequila en los Altos y en el sur de Jalisco, y aumentó su número en la zona de Tequila y Amatitán. En 1944, un grupo de industriales tequileros hizo la primera gestión para obtener la denominación de origen que fue aceptada y publicada en 1974.

Cerveza

En 1845, el suizo Bernhard Bolgard, estableció en la Ciudad de México la primera cervecería de fermentación "La Pila Seca". La cebada que se producía en esta fábrica era obscura, elaborada a partir de malta de cebada mexicana secada al sol a la que se le añadía piloncillo.

En el año de 1890 la industria cervecera empezó a crecer en todo el país, primero en Monterrey, posteriormente en Veracruz, en donde se elaboraba cerveza con agua de los manantiales del Pico de Orizaba. En 1894 se fundaron Orizaba, Veracruz: la Santa Elena, La Mexicana, La Azteca y La Inglesa; en 1896 la Cervecería de Sonora; y en 1900 la Cervecería del Pacífico. En 1891, se fundó la Cervecería Cuauhtémoc, en Monterrey, Nuevo León.

Con el auge del Porfiriato, y el apoyo que dio Porfirio Díaz a inversionistas extranjeros, empresarios franceses y alemanes, se introdujo en el país tecnología europea de punta para la producción cervecera.

Aserraderos

La explotación forestal ha sido una actividad económica de mucha importancia durante todo el siglo XX en la región norte del país. En la Sierra Tarahumara, que es parte de la Sierra Madre Occidental, se encuentra el mayor bosque de coníferas de todo el país. Simplemente en Chihuahua hay 6'906,000 hectáreas de terreno apto para la producción maderable, seguido de Durango, que, aun con menor cantidad de bosque, es hoy en día el primer productor de madera a nivel nacional.

El norteamericano William C. Green obtuvo la concesión maderera y creó la empresa Sierra Madre Land & Lumber Company dando gran impulso económica la región. En 1906 se introdujo el tren a la región, así mismo durante el porfiriato se creó en el municipio de Madera uno de los latifundios más grandes de México que sobrevivió hasta 1952. (Gobierno del Estado de Chihuahua, s.f.).

Comunicaciones

La primera concesión de telégrafos la otorgó el Gobierno Mexicano a Juan de la Granja en 1849 para comunicar el Distrito Federal y Naucalpan. (Ruelas, 2005). En 1865 durante el imperio de Maximiliano de Habsburgo se elaboró el primer plan general de líneas telegráficas mexicanas para interconectar América y Europa. Tras la caída de Maximiliano, el Presidente Benito Juárez instauró el Sistema de Telégrafos Públicos Nacionales.

El primer enlace telefónico se efectuó el 13 de marzo de 1878 entre las oficinas de correos de la ciudad de México y de la población de Tlalpan. En 1878 la empresa "La Mexicana" obtuvo la primera concesión para proporcionar servicio público telefónico. En 1905 Mexeric, filial de la empresa Sueca Ericsson adquirió la concesión. (Teléfonos de México, 1991).

Por otra parte, la radiotelegrafía se introdujo en 1910 con la instalación de 15 estaciones transmisoras marca Telefunken.

Constantino de Tárnava transmitió, en 1921, de Monterrey a la capital del país lo que se ha considerado como el primer programa de radio. También, en 1921, José de la Herrán y Fernando Ramírez montaron una estación experimental.

Electricidad

En 1879 empezó a funcionar la primera planta eléctrica en la República Mexicana en una fábrica textil en León, Guanajuato. En 1895 el francés Arnold Vaquié adquirió la concesión para utilizar los recursos hidráulicos del río Necaxa, en el estado de Puebla.

El servicio público de electricidad en la ciudad de México, se instauró en 1881 cuando la Compañía Knight instaló 40 lámparas eléctricas incandescentes, lo que sustituyó el alumbrado público a base de aceite de nabo. Entre 1887 y 1911 se formaron en México 199 compañías de luz. (Delgado, 1994).

En 1912 se creó la carrera de *Ingeniero Mecánico Electricista*. En 1945 ya era la segunda carrera más solicitada en la Escuela Nacional de Ingenieros con 200 estudiantes que conformaban el 20% de la matrícula.

Para ordenar la industria eléctrica en nuestro país surgió la Comisión Nacional de Fuerza Motriz y en 1933 se decreto integrar a todas las compañías en la Comisión Federal de Electricidad (CFE) (La electricidad en México, s.f.). El presidente, Adolfo López Mateos nacionalizó la industria eléctrica el 27 de septiembre de 1960.

Papel

Se sabe que los mayas empezaron a producir papel, al que llamaban huun, y que los aztecas y otros pueblos de la parte meridional de México utilizaron papel amate o amatl.

En mayo de 1928 nació una pequeña fábrica dedicada a la manufactura comercialización de

bolsas de papel llamada Copamex. En 1952 se fundó Sacos de Papel de Monterrey, empresa dedicada a la fabricación de sacos para empaque de productos como cemento, yeso, químicos y otros productos a granel. Posteriormente y gracias a su gran aceptación en el mercado extendieron sus operaciones para fabricar papel kraft, estraza, y cartón. (Copamex, 2007).

Consorcio Papelero Mexicano (Copamex) creció mucho durante los años 60's y 70's del Siglo pasado y marcó la pauta a seguir de la industria papelera.

En la década de los 80's hubo cambios importantes en algunas empresas del grupo. Por ejemplo Bolsas Maldonado tuvo la necesidad de cerrar debido al ingreso en el mercado de bolsas de materiales sintéticos. También en esa época se abrieron diferentes negocios de captación de material reciclado en Estados Unidos. A principios de los 90's se comenzaron a apreciar los daños ecológicos causados por muchos productos sintéticos substitutos del papel, lo cual trajo por consiguiente un renacimiento de la industria papelera, una vez apreciada su noble vida en base al reciclaje natural.

Siderurgia y Cobre

Debido a la creciente demanda de acero para la construcción y la incipiente industria de finales del porfiriato, en 1903 se estableció Fundidora Monterrey que fue la primera planta siderúrgica en América Latina. (Soto & Solé, 2001).

En 1941 entraron en operación empresas integradas como Altos Hornos de México, (AHMSA), en 1941; Hojalata y Lámina SA de CV, (HYLSA), en 1942; Tubos de Acero de México SA de CV, (TAMSA), en 1952. Hacia el año de 1959 existían unas cincuenta empresas se este ramo industrial, que en su conjunto producían 3.5 millones de toneladas de acero (mdt).

Debido a la expectativa de mayores demandas de acero, en 1972 el Estado realiza una fuerte inversión para la apertura de SICARTSA.

En 1979 se creó la empresa Siderúrgica Mexicana (SIDERMEX) que integró a las empresas siderúrgicas del estado, AHMSA, Fundidora de Monterrey y SICARTSA.

Para 1980 se producían en México 8000 mdt de acero. Entre 1989 a 1995 la industria siderúrgica mexicana realizó inversiones de más de 2500 millones de dólares para ampliar y modernizar sus plantas. Hoy en día existe una sobreoferta mundial de acero, lo que ha propiciado una crisis en el sector.

El Petróleo

Uno de los sectores más dinámicos en términos del crecimiento de su plataforma tecnológica ha sido el petrolero. Los primeros registros de instalaciones industriales de la industria petrolera datan de 1903. La Mexican Petroleum Co. construyó en Ébano, San Luís Potosí, una refinería dedicada a la producción de asfalto con capacidad de 2,000 barriles por día (bd). Esta refinería cerró en 1913.

El 28 de marzo de 1908 inició sus operaciones de refinación la Cía. Mexicana de Petróleo "El Águila" en Minatitlán Veracruz, con una planta de refinación de 2,000 bd. (Camacho, 1983). El 15 de julio de 1914 se inauguró una refinería en el margen izquierdo del Río Pánuco en los límites de Veracruz y Tamaulipas, propiedad de la Compañía "El Águila", con el nombre "Doña Cecilia", llamada posteriormente, "Ciudad Madero", con una producción de 20,000 bd.

El 19 de enero de 1915 empezó a operar en la región de Tampico, Tamaulipas., una planta construida por la Standard Oil con capacidad de 10,000 bd. En Junio de ese mismo año la empresa Huasteca Petroleum Co., construyó una refinería en Mata Redonda, Ver., con capacidad de 75,000 bd.

El 11 de julio de 1916 se concedió permiso a la Compañía Mexicana de Petróleo "El Águila" para construir una planta de destilación primaria, en la Barra de Tuxpan, Ver., con capacidad para 20,000 bd. En 1921 alcanzó la capacidad de 30,000 bd.

En 1919 comenzó la construcción de cuatro plantas refinadoras en las inmediaciones de Puerto Lobos, localizado en la Laguna de Tamiahua en el Estado de Veracruz. Su propósito era la exportación de productos refinados. En ese mismo año la empresa Texas Co. construyó en Agua Dulce, Veracruz, una refinería, con capacidad de 9,500 bd.

El 23 de septiembre de 1916, Venustiano Carranza, fundó la *Escuela Nacional de Industrias Químicas* en el pueblo de Tacuba, en plenos momentos de transición en nuestro país. (Facultad de Química, 2007).

Para 1923 ya existían 14 refinerías en México: Ébano Mexicana de Petróleo 300 bd; Madero Águila 75,000 bd; Árbol Grande Pierce Oil Corp. 16,000 bd; Mata Redonda Huasteca 133,000 bd; Tampico Transcontinental 13,000 bd; Tampico Corona 15,000 bd; Tampico Texas 22,000 bd; Ozuluama Continental 10,000 bd; Agua Dulce Texas 22,000 bd; Puerto Lobos Atlántica 10,000 bd; Tamiahua AGWI 12,000 bd; Puerto Lobos Island 5,000 bd; Tuxpan Águila 30,000 bd; Minatitlán Águila 20,000 bd.

La carrera de ingeniería petrolera se creó en 1929 y la de Ingeniero Geólogo en 1936.

Entre 1926 a 1930 se presentó una crisis en la producción del crudo, lo cual obligó al cierre y desmantelamiento de algunas plantas. El 18 de febrero de 1932 se inauguró del oleoducto Tampico-Azcapotzalco de 500 km, propiedad de la Cía. Petrolera "El Águila". En 1933 se inauguró la refinería de la Cía. Petrolera "El Águila" en Azcapotzalco con una capacidad de 7,500 bd. En 1935 la compañía Petromex recibió una pequeña planta de refinación primaria localizada en Bellavista, en el margen derecho del río Pánuco, cerca de su desembocadura y aumentó su capacidad a 1,500 bd.

La proliferación de compañías extranjeras las hizo muy poderosas, al grado de que no pagaban sus impuestos y no mejoraban sus salarios, por lo que el 18 de marzo de 1938 el Presidente Lázaro Cárdenas

declaró la expropiación petrolera. (Barragán, 2008). Al realizarse la expropiación petrolera existían en México las refinerías de Minatitlán, Ver.; Madero, Tamps.; Azcapotzalco, D.F.; Árbol Grande, Mata Redonda y Bellavista en Tampico, Tamps., con capacidad para procesar 102,000 bd. El 7 de Junio de ese mismo año se expidió el Decreto de Expropiación creando Petróleos Mexicanos como organismo encargado de explotar y administrar los hidrocarburos en beneficio de la nación. (Esquivel, 2008).

En 1939 Petróleos Mexicanos inició la construcción de una planta productora de tetraetilo de plomo. En 1940 entró en operación la refinería de Poza Rica cuya edificación fue iniciada por la Compañía de Petróleo "El Águila", S.A. con capacidad de 5,000 barriles diarios (bd).

En 1945 cerró la refinería de Bellavista en las inmediaciones de Tampico, Tamps. El 20 de noviembre de 1946 se inauguró la refinería "18 de Marzo" en Azcapotzalco, D.F., con capacidad de 50,000 bd. El 30 de julio de 1950 se inauguró la Refinería "Ing. Antonio M. Amor" en Salamanca, Guanajuato, con capacidad de 30,000 bd. El 15 de septiembre se amplió la refinería de Mata Redonda Ver. A 14,000 bd.

El 26 de diciembre entró en operación la refinería de Reynosa con capacidad para 4,000 bd. El 12 de enero de 1955 se inauguraron las plantas de lubricantes y parafinas en la Refinería "Ing. Antonio M. Amor" en Salamanca, Gto., con capacidad de 2,400 barriles y 100 toneladas al día respectivamente. El 23 de julio. Se inauguraron 7 plantas de destilación en Azcapotzalco y se llegó a una capacidad de 100,000 bd. También se inauguró un oleoducto para enlazar al Sistema Nacional de Refinación con el campo de Poza Rica y con los yacimientos de la Nueva Faja de Oro. El 19 de diciembre se inauguró en Reynosa la planta de absorción con capacidad para 300 millones de pies cúbicos de gas al día. También se inauguraron las nuevas instalaciones de la refinería de Reynosa para ampliar su capacidad a 10,000 bd.

El 22 de febrero de 1956 se inauguró la nueva Refinería "Gral. Lázaro Cárdenas del Río" en Minatitlán, Ver., con capacidad de 50,000 bd que incluyó la primera planta de desintegración catalítica en México. Ese año se adicionaron otras instalaciones en Reynosa, con lo que se amplió su capacidad a 2,000 bd.

El 3 de marzo de 1958 comenzó a operar el conjunto de instalaciones de Cd. Pemex en el Estado de Tabasco. En noviembre de ese año se inauguró la planta catalítica de Azcapotzalco.

El 24 agosto de 1959 se concluyeron las plantas de destilación al vacío, catalítica, de polimerización y de recuperación de azufre de la Refinería "18 de Marzo". Se concluyó la planta de lubricantes en Minatitlán. En 1960 iniciaron en la Refinería "Francisco I. Madero" en Tampico, Tamps., las operaciones con plantas nuevas, estableciendo su capacidad de proceso de crudo en 125,000 bd. En noviembre de ese año se concluyó el poliducto Monterrey-Gómez Palacio de 345 km. El 5 de diciembre dejó de operar la refinería de Mata Redonda, por resultar antieconómica. En Diciembre de 1961 dejó de funcionar la refinería en Árbol Grande, Tamps., por resultar antieconómica. El 26 de julio de 1962 se inauguró la Planta de amoníaco en la Refinería "Ing. Antonio M. Amor" en Salamanca, Gto. En Noviembre entró en operación junto con la planta de tetrámero de Cd. Madero.

A partir de 1965, la Escuela Nacional de Industrias Químicas se cambió a la Facultad de Química en la UNAM. (Facultad de Química, 2007).

El 18 de marzo de 1967 se inauguraron las plantas que permitieron ampliar la capacidad de la Refinería "Gral. Lázaro Cárdenas del Río" en Minatitlán, Ver. a 175,500 bd. En Septiembre se autorizó la compra de la planta de Metanol de San Martín Texmelucan.

El 3 de marzo de 1968 se inauguró la planta de absorción de Cd. Pemex, Tabasco., con capacidad

de procesamiento de 300 millones de pies cúbicos diarios de gas.

En 1970 se amplió la Refinería "Ing. Antonio M. Amor" en Salamanca a 100,000 bd y la de Reynosa a 20,500 bd. El 18 de marzo de 1976 se inauguró la Refinería "Miguel Hidalgo" construida en terrenos de los municipios de Tula y Atitalaquia en el Estado de Hidalgo, con capacidad para procesar 150,000 bd. Se ampliaron las Refinerías de Azcapotzalco, Madero, Minatitlán y Poza Rica a 105,000, 185,000, 270,000 (incluye la fraccionadora de gasolina) y 38,000 bd respectivamente.

Siendo México un país minero en la época colonial y desde el siglo XX petrolero, se necesitaban tecnólogos capaces de conocer y dimensionar las formaciones geológicas y las características geofísicas del territorio nacional para poder explorarlo y explotarlo eficaz y eficientemente.

En 1970 se creó la Carrera de Ingeniero Geofísico. (Facultad de Ingeniería, 2010).

En 1977 se terminaron y pusieron en operación siete plantas de la Refinería "Miguel Hidalgo" en Tula, Hgo., con capacidad combinada de 150,000 bd.

El 18 de marzo de 1979 se inauguró la Refinería "Ing. Héctor R. Lara Sosa" en Cadereyta, Nuevo León con una capacidad de 100,000 bd. El 24 de agosto se inauguró la Refinería "Ing. Antonio Dovalí Jaime" en Salina Cruz, Oaxaca, con una capacidad de 165,000 bd.

En 1980 al entrar en operación la planta Combinada No. 2, de 135,000 bd en la refinería de Cadereyta, nuestro país se colocó en el undécimo lugar como refinador, con una capacidad de proceso de 1,476,000 bd de petróleo crudo y líquidos procedentes del gas.

El 29 de abril de 1981 se inauguró el Complejo Petroquímico "La Cangrejera" con capacidad para procesar 113,000 bd de crudo y líquidos. En

1984 entraron en operación las ampliaciones de la Refinería de Poza Rica, la cual llegó a una capacidad de 72,000 bd y las de la refinería de Salamanca, con las que llegó a una capacidad de 235,000 bd.

En 1987 entró en operación la ampliación de la Refinería "Francisco I. Madero", la cual llegó a una capacidad de 196,000 bd. También entró en operación la ampliación de la Refinería "Miguel Hidalgo" en Tula, Hgo., con la Planta Primaria No. 2 de 165,000 bd, para llegar a 320,000 bd de capacidad.

En 1989 se amplió la Refinería "Ing. Antonio Dovalí Jaime" en Salina Cruz, Oax. al entrar en operación la Planta Primaria No. 2 con capacidad para procesar 165,000 bd. Se llega a la más alta capacidad de destilación atmosférica en el Sistema Nacional de Refinación de 1,679,000 bd.

El 16 de julio de 1992 se creó Pemex Refinación como empresa subsidiaria de Petróleos Mexicanos. De 1993 a 1997 se realizaron las construcciones de varias plantas dentro del paquete ecológico, con el fin de mejorar la calidad de las gasolinas, diesel y combustóleo. Iniciaron operaciones las Plantas Catalíticas Núm. 2 y reductora de viscosidad en Salina Cruz, Oax.

En 1994 iniciaron operaciones las plantas reductoras de viscosidad y MTBE en Cadereyta N. L. También iniciaron operaciones las plantas MTBE, TAME y la planta catalítica No. 2 de Tula.

En 1995 iniciaron operaciones las siguientes plantas: de isomerización en Cadereyta y Minatitlán; Reformadora en Madero; MTBE en Salamanca. En 1996 iniciaron operaciones las siguientes: de Alquilación en Salamanca; de isomerización en Tula; de Hidrodesulfuración Profunda en Tula; MTBE en Tula; TAME en Tula. En 1997 iniciaron Operaciones las plantas: catalítica II de Cadereyta; de Alquilación en Salina Cruz; de Isomerización en Salina Cruz y H-Oil en Tula.

En 1997 iniciaron los programas de reconfiguración del Sistema Nacional de Refinación. En 1999 teníamos en México 6 refineries con capacidad de proceso de 1,525,000 bd. Cadereyta inicio sus operaciones en el año 2000

Manufactura

La industria de la transformación registro un avance notable entre 1890 y 1910, pues se amplió la inversión extranjera en ese sector, además se inicio la participación del capital mexicano, con el establecimiento de fabricas mecanizadas con tecnología moderna, estas se dedicaron a actividades como: textiles, papelería, calzado, azúcar y piloncillo, pastas y conservas alimenticias, destilerías, imprentas, aceites, jabones, vidrio y cemento. (Zorrilla. 2004).

Las nuevas fábricas se establecieron en las grandes ciudades. Las fábricas modernas crecieron en el número de trabajadores. Entre 1895 y 1910 hubo un incremento de 52 mil empleos que requirió la demanda de obreros calificados, es importante mencionar que al principio el empleado mexicano no sabía utilizar las técnicas y poco a poco fue adaptándose a los procesos de manufactura. (Delgado, 2004)

En 1955 se promulgó la “Ley para el Fomento de las Industrias Nuevas y Necesarias”, cuyo ordenamiento permitió que se estableciera un importante número de empresas industriales y fundamentalmente medianas y pequeñas, y que un gran número de talleres y artesanías se transformaran en pequeñas empresas”. (Rodríguez, 2001). El Estado instituyó mecanismos de carácter financiero para poder responder a la demanda de créditos de las pequeñas y medianas empresas de tipo industrial, creando un rápido proceso de expansión y diversificación de la rama industrial en nuestro país.

La primera etapa del Modelo de Industrialización Sustitutiva (1940-1955), se caracterizó por una política económica orientada a promover la expan-

sión y el desarrollo industrial en México. Esto produjo fuertes efectos negativos en la economía mexicana, como: fluctuaciones en el tipo de cambio, inflación, y déficit en las finanzas públicas y en la cuenta corriente, creando desequilibrios internos y externos. El crecimiento real y sostenido de las plantas de manufactura que transforman en productos finales las materiales primas disponibles a partir de los procesos industriales se dio consistentemente a principios de 1950 y no tiene más de unas cinco décadas en nuestro país.

La carrera de ingeniería Mecánica y Eléctrica con sus especializaciones en ingeniería eléctrica, Mecánica e Industrial se han impartido por más de seis décadas para acompañar y respaldar el proceso de industrialización de México, a través de la educación y oferta de profesionales cuyos planes de estudio los han formado durante estos años para operar y mantener en forma eficiente el aparato productivo. Lamentablemente la mayor parte de la tecnología que ha sido necesaria para este proceso de industrialización ha sido importada del exterior por lo que los esfuerzos educativos han estado siempre encaminados hacia proveer los medios para asimilar y mantener en operación segura y eficiente las plantas productivas. Los ingenieros mecánicos electricistas atendieron las necesidades de estos sectores industriales y de las industrias de proceso y transformación que contaban con instalaciones de equipo electromecánico, de bombeo y maquinaria en general.

Electrónica

Los bulbos o válvulas de vacío fueron inventados por Edison en 1883, y fueron aplicados por J. A. Fleming para obtener los primeros diodos, sus aplicaciones prácticas en sistemas de radiodifusión, radar y posteriormente de televisión no se dieron sino hasta fines de la tercer década del siglo pasado. Esto explica que las comunicaciones se desarrollaron en México desde los inicios del siglo XX a través del uso de transmisores- receptores basados en bulbos.

El Ingeniero Guillermo González Camarena, en 1939, inventó un sistema de televisión a colores que patentó en México y en Estados Unidos. (Siglo XIII, 2008). Sin embargo, el verdadero detonador de la industria electrónica, fue el desarrollo de los dispositivos electrónicos y semiconductores. El primer transistor fue patentado a principios de los años cincuenta. La difusión en el mercado de los productos y sistemas electrónicos transistorizados fue muy lenta por lo que entonces, el ciclo de vida de estas tecnologías era de gran duración. (Geisler, 1992; Vega 2006). Por estas razones las carreras de electrónica y de comunicaciones fueron impulsadas hasta finales de la década de los setenta¹.

La carrera de ingeniería en electrónica se creó en 1995. (Facultad de Ingeniería, 2010).

Computación

Los inicios de la computación en México se dieron en 1958 con la instalación de la primera computadora en la Universidad Nacional Autónoma de México. (Solórzano & Villavicencio, 2003).

A partir de entonces, poco a poco IBM instaló equipos de cómputo en la UNAM y en compañías federales como PEMEX, CFE, Ferrocarriles Nacionales, Compañía de Luz, el Banco Nacional de México, etc. (Sánchez, 2003).

Para la operación de estos equipos fue necesario capacitar personal técnico. En la UNAM empezaron a darse cursos que atrajeron la atención de muchos jóvenes estudiantes. La necesidad de formar especialistas en cómputo se incrementó, pues se necesitaba personal en las empresas y no solo en las instituciones educativas. El Politécnico Nacional y el Instituto Tecnológico de Monterrey mandaron egresados a estudiar posgrados en cómputo a los Estados Unidos de Norteamérica.

La aparición en México de las empresas transnacionales de cómputo ayudó a comercializar y

difundir los equipos. En las primeras épocas de esta industria los vendedores e ingenieros de servicio eran egresados de la UNAM. Los negocios comerciales fueron los primeros en adoptar y asimilar tecnologías de cómputo, por ejemplo Liverpool utilizó sistemas de cómputo para el manejo de las bases de datos de clientes y cuentas por cobrar. Cuando los empresarios de otros sectores supieron de las ventajas operativas pusieron en funcionamiento equipos de cómputo en sus negocios e industrias. Con la aparición de la computadora personal y los microcomputadores dedicados esta industria ha proliferado cada vez más en nuestro país.

La carrera de ingeniería de computación se creó en 1977. (Facultad de Ingeniería, 2010).

Telecomunicaciones

A principios del Siglo XX las empresas con concesiones de telefonía pública en nuestro país, La Mexicana y Mexeric, no estaban interconectadas, por lo que los usuarios de una empresa no podían comunicarse con los de la otra. Por ello, en 1936 el presidente Lázaro Cárdenas giró instrucciones a su Secretario de Comunicaciones y Obras Públicas para que se ordenara la interconexión entre estas dos empresas. En 1947 se constituyó Teléfonos de México, S.A., (Telmex), con la fusión de ambas empresas. (Martínez, 2007).

Otra área de las telecomunicaciones la constituye la televisión. La primera transmisión en blanco y negro la realizó el Ing. Guillermo González Camarena en 1946 y la primera transmisión de televisión por cable fue en 1954 en Nogales, Sonora.

El primer canal comercial de televisión en México se inauguró en 1950, transmitiendo el Informe de Gobierno del Presidente Miguel Alemán Valdés, a través del canal 4.

En 1968 nuestro país incursiona en la era de las comunicaciones vía satélite, al transmitir la Olimpiada México 68. Así, en 1985 se lanzó el

¹ Se considera 1979 como tiempo de inicio para propósitos del cálculo del tiempo de respuesta.

primer satélite mexicano², Morelos I. En noviembre de ese mismo año se lanzó el Morelos II, en dicha misión viajó el Dr. Rodolfo Neri Vela. (Ruelas, 2005, Martínez, 2007).

En 1992 se creó la carrera de Ingeniero en Telecomunicaciones en la FI-UNAM. (Facultad de Ingeniería, 2010).

En 1993 se lanzó el satélite Solidaridad I y en 1994 el Solidaridad II. En 1997, Telecomunicaciones de México (TELECOMM) privatizó sus satélites para garantizar su oportuna renovación, así dio inicio la era de Satmex. (SATMEX, 2008). La era de las telecomunicaciones satelitales es la mejor confirmación de la convergencia de las comunicaciones y los sistemas computacionales. (Saito, 1997).

Figura 4. Construcción del Satmex VI



Fuente: Satélites Mexicanos S.A. de C.V.: <http://www.satmex.com.mx/index1.php>

En 1998 inició la operación de satélites de Órbita Baja con el lanzamiento del SATMEX V, el cual contaba con cobertura continental. En 2006 se lanzó el SATMEX VI construido por la empresa

² Se considera el año de lanzamiento del satélite Morelos I como el tiempo de inicio de difusión de las telecomunicaciones que requirieron especialistas para el propósito del cálculo del tiempo de respuesta.

americana Space Systems Loral. (SATMEX, 2008). En 1997 se abrió a la competencia el servicio de telefonía de larga distancia por lo que Telmex competiría con Axtel, AT&T, Avantel, entre otras empresas.

Mecatrónica

La mecatrónica es multidisciplinaria ya que combina especialidades de la ingeniería como la mecánica, la electrónica y las ciencias de la computación para diseñar sistemas y procesos electromecánicos. Esta especialidad surgió como la necesidad de crear procesos y productos cada vez más especializados en el área industrial. Entre las aplicaciones más importantes de la mecatrónica está la robótica y el diseño de mecanismos y autómatas de control para las plantas industriales de manufactura y los procesos de transformación.

En el año 2003 se creó la carrera de Ingeniería Mecatrónica. (Facultad de Ingeniería, 2010).

Metodología para medición del tiempo de respuesta

Consideraremos (σ_R) como el tiempo de respuesta que le tomó a la UNAM ofrecer egresados que pudieran resolver las necesidades operativas de la plataforma tecnológica de los distintos sectores de la industria nacional. Para medirlo utilizamos la siguiente metodología:

1. Realizar la descripción de la evolución de la plataforma tecnológica de los diferentes sectores industriales más representativos en la economía nacional³.
2. Posteriormente identificar las primeras instalaciones industriales o el momento en el que ya se realizaba en el sector un volumen de

³ No se incluyen sectores como el Farmacéutico, el Biotecnológico o el Biomédico debido a que se ha hecho énfasis en aquellos sectores industriales o de servicios en los que han servido los egresados de la Facultad de Ingeniería de la UNAM.

operaciones importante tal que hizo indispensable la ocupación de capital intelectual especializado para su operación⁴.

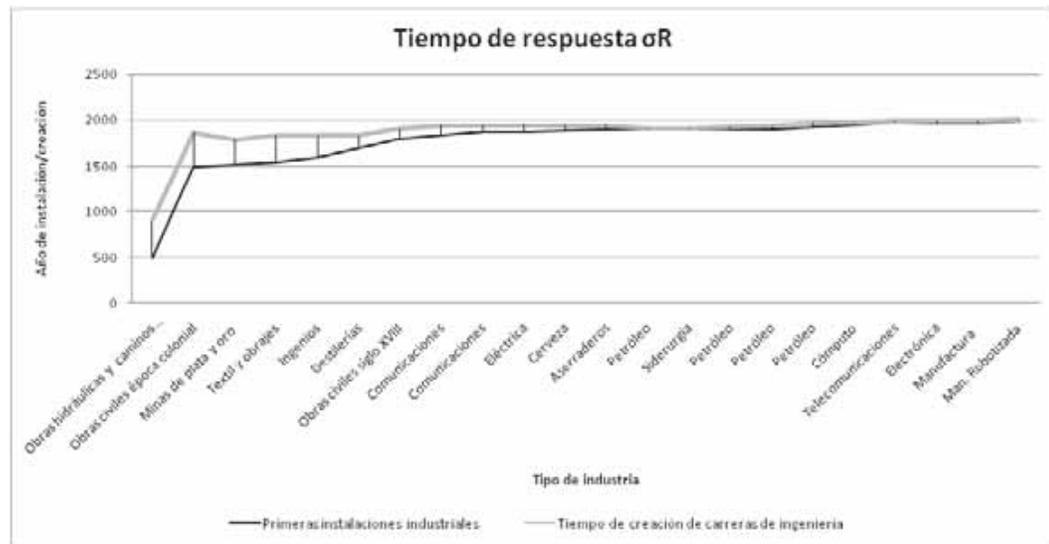
3. Identificar aproximadamente el tiempo de demanda inicial (t_{di}) como aquel en que la plataforma tecnológica del sector industrial ya requería de ingenieros para su operación y mantenimiento.
4. Documentar e identificar los tiempos de creación de las carreras directa o indirectamente relacionadas con la PT del sector industrial en cuestión. (t_{cc})
5. Obtener el tiempo de respuesta universitario como ($\sigma_R = t_{di} - t_{cc}$)
6. Tabular y graficar σ_R
7. Análisis de los datos, discusión y elaborar conclusiones.

Aplicación de la Metodología y resultados

La **Tabla I** se desprende del análisis de la evolución de la plataforma tecnológica de los diferentes sectores industriales presentados en la primera parte de este trabajo.

En la Figura 5 se presenta la gráfica integrada de la brecha existente entre los tiempos de demanda industrial (t_{di}) y los tiempos de creación de las carreras de ingeniería encaminadas a la operación y mantenimiento de las diferentes industrias (t_{cc}). En la gráfica puede verse, que con el paso de los años, el tiempo de respuesta de las carreras de ingeniería (σ_R), se ha venido sintonizando con la demanda industrial.

Figura 5. Tiempo de respuesta σ_R



(Elaboración propia)

4 Por ejemplo, se supone que el sector industrial de bebidas alcohólicas destiladas solo requirió en sus orígenes de personal empírico para la operación de alambiques.

En un extremo se observa que el tiempo de respuesta de la Escuela prehispánica Texcalco a las necesidades del sector de obras hidráulicas y caminos fue de aproximadamente 400 años, cuando se preparaba al ingeniero constructor. Mientras que en el otro extremo de la función puede verse que a la universidad solo le tomaron 10 años para responder con la creación de la carrera de ingeniería mecatrónica para atender el sector de manufacturas industriales robotizadas.

La determinación del tiempo σ_R para cada industria depende de las suposiciones tomadas para realizar las mediciones; sin embargo, es notable observar una constante disminución de la brecha (σ_R) en el tiempo lo que demuestra, en una visión a macro escala, una gran sensibilidad y capacidad de adaptación por parte de la universidad respecto a las necesidades tecnológicas para la operación y el mantenimiento de los diferentes sectores industriales de la economía nacional.

Compensaciones

En toda metodología siempre caben ajustes y compensaciones. En la fórmula de estimación del tiempo de respuesta ($\sigma_R = t_{di} - t_{cc}$), que es la base de la metodología presentada en este trabajo no se ha tenido en cuenta la duración del proceso formativo de los nuevos ingenieros, dado que se asume que la demanda se atiende cuando se crea la carrera y no cuando se gradúa a la primera promoción, que es cuando efectivamente se comienza a satisfacer la demanda. Por otra parte también habría que ver, si el volumen de profesionales ofertados en la primera promoción alcanzó a satisfacer el volumen demandado por la plataforma tecnológica de la nueva industria y, por consiguiente, si se tuvo que esperar varias promociones posteriores para satisfacer la demanda. La fórmula corregida podría ser ($\sigma_R = t_i - (t_c + \xi)$) donde ξ es el error que mediría la duración del proceso formativo o el proceso de satisfacción de la demanda. Para su medición tendríamos que consultar la estadística respectiva en cada caso industrial y la carrera de ingeniería con la que se dio respuesta a esa demanda.

Tabla 1. Tiempo de Respuesta carreras de ingeniería a la demanda industrial

Industria	Primeras instalaciones	Fecha aproximada (t_{di})	Escuela de Ingeniería	Carrera	Tiempo de creación (t_{cc})	Tiempo respuesta $OR = t_{di} - t_{cc}$
Obras hidráulicas y caminos prehispánicos	Diques, jagüeles, caminos, puentes	500	Texcalco	Civil, Ing. Constructor	900	400
Obras civiles época colonial	hidráulicas, caminos, puentes	1500	Escuela Especial de Ingenieros	Civil, Ing. Constructor	1867	367
Minas de plata y oro	Tehuantepec, Guerrero, Michoacán, Cananea	1525	R. Seminario de Minería	Minera	1792	267
Textil y obrajes	Obrajes Edo. México, Morelos, Puebla	1550	Escuela de Agricultura	Agrónomo	1832	282
Ingenios	Cuernavaca y Cuautla	1600	Escuela de Agricultura	Agrónomo	1832	232
Destilerías	Mezcal, Tequila Edo. México, Cd. México, Jalisco	1700	Escuela de Agricultura	Agrónomo	1832	132
Obras civiles siglo XVIII	hidráulicas, caminos, puentes	1800	Universidad Nacional	Ing. Const. hidráulico	1910	110
Comunicaciones	Telégrafos	1849	UNAM	Mecánico Electricista	1945	96
Comunicaciones	Teléfonos	1878	UNAM	Mecánico Electricista	1945	67
Eléctrica	Planta hidroeléctrica Necaxa	1879	UNAM	Mecánico Electricista	1945	66
Cerveza	Cervecería Monterrey	1890	UNAM	Mecánico Electricista	1945	55
Aserraderos	Sierra Madre Occidental	1906	UNAM	Mecánico Electricista	1945	39
Petróleo	Refinería SLP, El Águila	1903	UNAM	Químico	1915	12
Siderurgia	Fundidora Monterrey	1903	UNAM	Químico	1915	12
Petróleo	Refinería SLP, El Águila	1903	UNAM	Ingeniería Petrolero,	1929	26
Petróleo	Refinería SLP, El Águila	1903	UNAM	Ingeniería Geología,	1936	33
Petróleo	Refinería SLP, El Águila	1938	UNAM	Ingeniería Geofísica	1970	32
Cómputo	Primera Computadora IBM UNAM	1958	UNAM	Computación	1977	19
Telecomunicaciones	Lanzamiento del Satélite Morelos I	1985	UNAM	Telecomunicaciones	1992	7
Electrónica	TV B y N, transistor	1970	UNAM	Ing. Electrónico	1995	25
Manufactura	Papel, alimentos, calzado, etcétera	1970	UNAM	Industrial	1997	27
Man. Robotizada	Armadoras automotrices	1997	UNAM	Mecatrónica	2004	10

Conclusiones

Consideramos que la metodología presentada es novedosa en el sentido de que aplica algunos elementos del análisis de sistemas dinámicos al macro sistema social de formación de ingenieros universitarios. A lo largo de los años, el objetivo de este gran subsistema social educativo ha sido la formación de ingenieros que respondan a las demandas operativas y de mantenimiento de la plataforma tecnológica de los sectores más representativos de la industria nacional. La metodología presentada nos permitió encontrar las brechas y medir del tiempo de respuesta del macro sistema. La flexibilidad con la que el sistema ha respondido se demuestra con la disminución constante de la brecha hasta prácticamente anularse en fechas recientes. Ciertamente para los primeros sectores industriales σ_R tomó varios siglos pero en el caso de las carreras de telecomunicaciones y mecatrónica la respuesta ha sido igual o menor a diez años. En el mundo intensamente competitivo actual tendremos que descubrir la forma como nuestro sistema formativo de ingenieros universitarios deberá ajustarse a las nuevas demandas de la economía del conocimiento en la que las empresas e industrias tienden a reducir su capacidad instalada, a cambio del desarrollo de procesos, productos y servicios intensivos en conocimiento. Este será el reto del primer cuarto de este siglo. (Chareonwongsak, 2002; Didrickson, Campos & Arteaga, 2004).

“La gente joven de hoy vivirá durante un tiempo de extraordinarias oportunidades y de inmensos problemas. ¿Cómo ayudar a las naciones pobres a transformarse a sí mismas?; ¿cómo lidiará el mundo con una globalización total, armas de destrucción masiva y terrorismo?; ¿cómo tomar ventaja de la acelerada avalancha tecnológica, mientras que al mismo tiempo prevenimos que la misma destruya nuestro mundo? Si sobrevivimos a esta formidable centuria habremos adquirido la sabiduría para sobrevivir en el largo plazo”. (Martin, 2006, p.20). *“La gente joven de hoy será la generación que traerá esta gran transición”.* (Martin, 2006, p.5).

Indudablemente los nuevos ingenieros jugarán como siempre un gran papel en lo que respecta al manejo eficiente y ético de las nuevas tecnologías a través del establecimiento estratégico de redes de colaboración. (Kondo, 2005).

Bibliografía

Barragán, Leticia. (s.f.). *La Expropiación Petrolera*. Recuperado el 03 de Febrero de 2008, del sitio Web de E-México: http://www.emexico.gob.mx/wb2/eMex/eMex_La_expropiacion_petrolera.

Boullander, Eugenio. (1929). *Destilería agrícola e industrial*. (1ª. Ed.). Salvat Editores: México.

Camacho, José. (1983). *El nuevo Pemex: Apuntes para la historia del petróleo*. Petróleos Mexicanos: México.

Chareonwongsak, Kriengsak. (2002). *Globalization and technology: how will they change society?*

Technology in Society. Vol. 24; pp. 191-206. Elsevier Science Ltd. Recuperado el 03 de Agosto de 2010, del sitio Web de Science Direct: http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleURL&_udi=B6V80-46PBT1H-2&_user=945819&_coverDate=08%2F31%2F2002&_rdoc=1&_fmt=high&_orig=search&_sort=d&_docanchor=&view=c&_searchStrId=1422620137&_rerunOrigin=google&_acct=C000048981&_version=1&_urlVersion=0&_userid=945819&md5=8e448db65dcc88a75307e1ab10dfd97#uref168

- Recuperado El 10 de Febrero de 2007, Del sitio Web de Copamex: <http://www.copamex.com/historia.html>
- Cuervo José y compañía (1995). *Artes de México, Jalisco, tierra del tequila*. Colección Itinerarios Poéticos de México: México.
- De Neufville R., Clark J., Field, F. (2007). *Función de producción*. Recuperado el 20 de Diciembre de 2007, Del sitio Web de MIT Engineering School: http://ardent.mit.edu/real_options/RO_current_lectures/SPANISH_production_functions.pdf
- Delgado, Gloria. (2004). *Historia de México: legado histórico y pasado reciente*. Pearson Education: México. 243 p.
- Didrickson, A., Campos, G., Arteaga, C., (2004), *El futuro de la educación superior en México*. Coed. UNAM, Plaza & Valdés y centro de Estudios sobre la Universidad: México
- Esquivel, Iván Angel. (2008). *Historia de PEMEX*. Recuperado el 04 de Agosto de 2010, del sitio Web de Petróleos Mexicanos: <http://www.pemex.com/index.cfm?action=content§ionid=1&catid=10004>
- Facultad de Ingeniería de la UNAM. (2010). *Marco Histórico de La Facultad de Ingeniería*. Recuperado el 06 de Agosto de 2010, Del sitio Web de La Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México: <http://www.ingenieria.unam.mx/paginas/historia01.htm>
- Facultad de Química de la UNAM. (2007). *Acerca de la Facultad: Historia*. Recuperado el 09 de Agosto de 2010 del sitio Web de Facultad de Química de la Universidad Nacional Autónoma de México: http://www.quimica.unam.mx/cont_espe2.php?id_rubrique=2&id_article=849&color=08346F
- Geisler, Eliezer. (1992). Information and telecommunication Technologies in the 1990's: trends and managerial challenges, *International Journal of Technology Management*. Vol. 7, Nos 6/7/8; Technovation, pp. 381-389.
- Gobierno del Estado de Chihuahua. (s.f.). *Madera, un poco de su historia*. Recuperado el 06 de Agosto de 2010, del sitio Web de Chihuahua H. Ayuntamiento: http://municipios.chihuahua.gob.mx/madera/Contenido/plantilla5.asp?cve_canal=710&Portal=madera
- ITESCAM. (s.f.). *La Historia de La Ingeniería en México*. Recuperado el 10 de Agosto de 2010, Del sitio Web del Instituto Tecnológico de Calkini en el Estado de Campeche: <http://www.itescam.edu.mx/principal/sylabus/fpdb/recursos/r1057.DOC>
- Jaimes, A. P., Tinoco, L. R. O., (2005). *Evolución de las carreras de Ingeniería en México*, Cuadernos FICA, Fundación ICA: México. pp. 43-53.
- Kondo, Masayuki. (2005). Networking for technology acquisition and transfer, *International Journal for Technology Management*, Vol. 32, Inderscience Enterprises Ltd Nos ½; pp. 154-175.
- Mar. (s.f.). Colegio de Ingenieros, *Antecedentes históricos del Colegio de Ingenieros*. Recuperado el 06 de Agosto de 2010, del sitio Web de México Desconocido: <http://www.mexicodesconocido.com.mx/antecedentes-historicos-del-colegio-de-ingenieros.html>
- Martínez, Evelio. (2007). *Historia de las Telecomunicaciones*. Recuperado el 10 de febrero de 2008, del sitio Web Eveliux: <http://www.eveliux.com/mx/historia-de-las-telecomunicaciones.php>
- Martin, James. (2006), *The meaning of the 21st Century*. Riverhead Books, Penguin Group, New York, USA; 431 p.

Ramírez, Horacio. (2009). *Orígenes de la enseñanza de la Ingeniería en México*. Recuperado el 10 de Agosto de 2010, del sitio Web de la Universidad Autónoma del Estado de México: <http://www.uaemex.mx/identidad/docs/ORIGENES%20DE%20LA%20ENSEÑANZA%20DE%20LA%20INGENIERIA.pdf>

Rodríguez, Joaquín. (2001). *Cómo Administrar Pequeñas y Medianas Empresas*. 4ª Edición, Edita International Thomson Editores: México. 47 p.

Rojas Teresa. (2002). *Las obras hidráulicas mesoamericanas en la transición novohispana*. Recuperado el 05 de enero de 2008, del sitio Web de XIII Economic History Congress: <http://eh.net/XIIICongress/cd/papers/17RojasRabiela261.pdf>

Ruelas, Ana. (2005). *México y Estados Unidos en la revolución mundial de las telecomunicaciones*. Primera edición. CISAN, UNAM: México, 236 p.

Sabino, Carlos. (1991). *Diccionario de Economía y Finanzas*. Editorial Panapo: Caracas Venezuela, 272 p.

Saito, Fujio. (1997). Managing technology Development at NEC Corporation, *International Journal of Technology Management*, Vol. 14, Nos.2/3/4. Inderscience. pp. 196-207.

Sánchez, Germán. (2003). La sociedad del conocimiento y el desarrollo de la infraestructura global de la información. *Aportes: Revista de la Facultad de Economía de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla*. Año III, No. 9; pp. 83-99. Puebla, México.

SATMEX, Satélites Mexicanos S.A. de C.V. (2007). *Historia*. Recuperado el 25 de febrero

de 2008 del sitio Web de Satélites Mexicanos: <http://www.satmex.com.mx>

Siglo xiii. (2008). *Inventores Mexicanos*: Guillermo González Camarena. Recuperado el 11 de Agosto de 2010, del sitio Web de Tenoch: <http://tenoch.scimexico.com/2008/03/08/inventores-mexicanos-guillermo-gonzalez-camarena/>

Solórzano Palomares, F. Villavicencio, C., J., (2003), *Panorama histórico de la computación*. Tomo uno. Primera edición. Facultad de Ingeniería UNAM: México, D.F., 151 p.

Soto F. M. R.; Sole F. P., (2001), Cambio Tecnológico en la industria siderúrgica Mexicana, *El Cotidiano*, Año/Vol. 21, No. 109. Universidad Nacional Autónoma Atzacapotzalco: México, pp. 97-106.

Tecnológico. (s.f.). *La electricidad en México*. Recuperado el 20 de abril de 2007, del sitio Web Mi Tecnológico: <http://www.mitecnologico.com/Main/LaElectricidadEnMexico>

Teléfonos de México, (1991), *Historia de la telefonía en México 1878-1991*. México, 225 p.

Vega, Luis Roberto. (2005). Hacia la convergencia total de las tecnologías de la información, *Revista Ingeniería, Investigación y Tecnología*, Vol. VI., No. 2, pp. 103-118. Facultad de Ingeniería, UNAM. México.

Vega, Luis Roberto. (2006), Innovation Rate of Change Measurement: Part II Global Innovation Indicator; *Journal of Applied Research and Technology*, México, Vol. 4. No. 1, pp. 24-39.

Zorrilla, Juan. (2004). *La historia económica de México (un resumen bajo la óptica de riesgo)*. Recuperado el 10 de Agosto de 2010, del sitio Web de Gestipolis: <http://www.gestipolis.com/canales2/economia/histomex.htm>