

LA ESCUELA NACIONAL DE INGENIEROS Y LAS CIENCIAS FÍSICAS EN LOS ALBORES DEL SIGLO XX

GERARDO TANAMACHI CASTRO / MARÍA DE LA PAZ RAMOS LARA

Resumen:

En las primeras décadas del siglo XX, la Escuela Nacional de Ingenieros, la más importante de México en su campo, modificó sus planes de estudios de acuerdo con el proceso de modernización de este país y, a diferencia de otras épocas, colocó las ciencias físicas y matemáticas como la piedra angular en la formación de los ingenieros. En este trabajo mostraremos cómo los cursos de física fueron en aumento por los avances alcanzados en otras partes del mundo y se diversificaron en función de las necesidades de la nación, lo que propició un vínculo estrecho entre sus catedráticos y el sector gubernamental. Igualmente, aludiremos a la transición de la influencia francesa a la estadounidense en la adquisición de equipo y material docente como reflejo del incremento de las relaciones comerciales de México con Estados Unidos.

Abstract:

In the early decades of the 20th century, Escuela Nacional de Ingenieros, Mexico's most important engineering school, modified its plans of study according to the nation's process of modernization, and in contrast with other eras, established the physical sciences and mathematics as the cornerstone of training engineers. In this study, we show how physics courses increased in number due to progress in other parts of the world, and diversified as a function of the nation's needs, resulting in a close link between physics teachers and the government. We also refer to the transition from French to U.S. influence in acquiring teaching equipment and material, as a reflection of expanded trade between Mexico and the United States.

Palabras clave: Enseñanza de la física, formación de ingenieros, diseño curricular, educación y Estado, historia de la ciencia, México.

Keywords: Physics teaching, engineering education, curriculum design, education and government, history of science, Mexico.

Gerardo Tanamachi Castro es físico por la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Av. Universidad 3000, Circuito Exterior s/n, Coyoacán, 04510, Ciudad Universitaria, México, DF. CE: gtanamachi777@gmail.com

María de la Paz Ramos Lara es investigadora del Centro de Investigaciones Interdisciplinarias en Ciencias y Humanidades de la UNAM. Torre II de Humanidades 4º piso, Circuito Interior, Coyoacán, Ciudad Universitaria, 04510, México, DF. CE: ramoslm@unam.mx

La Escuela Nacional de Ingenieros en las primeras décadas del siglo xx

La producción de la minería colocó a la Nueva España como el principal exportador de plata en el mundo y demandó la creación de una institución de educación superior que formara a los profesionales encargados de mejorar esa industria con el apoyo de la ciencia moderna. De tal manera se fundó en 1792, según estándares europeos, el Real Seminario de Minería, que dependió de la institución que organizaba uno de los gremios de mayor poder en el virreinato, el Real Tribunal de Minería. En los primeros años del siglo XIX, el colegio despuntaba como el primero de minas en funcionar exitosamente en América y uno de los ocho más importantes en el mundo; sus aportaciones al conocimiento universal comenzaron con el descubrimiento de un nuevo elemento químico y su renombre se reafirmó al ocupar, a partir de 1813, el imponente Palacio de Minería.

Sin embargo, esa opulencia se empezó a deteriorar con la prolongada Guerra de Independencia, que perjudicó severamente el sector de la minería (Ramos, 2013:25-80). En 1821, México se emancipó de España e ingresó al concierto de las naciones con una acentuada crisis económica y un caos político que se agudizó con las invasiones de Francia y Estados Unidos. El Colegio de Minería sufrió los estragos de la situación que vivía el país y tuvo que sobrevivir con escasos recursos, se tornó inevitable el cierre de sus puertas en los momentos más álgidos de las invasiones extranjeras y, con frecuencia, era transformado de acuerdo con los intereses del grupo en el poder, hasta que en 1867 dejó su esencia de escuela de minas para convertirse en la Escuela Especial de Ingenieros (EEI), misma que se consolidó en 1883, cuando una reforma educativa le otorgó el carácter de Escuela Nacional de Ingenieros (ENI), con lo que se posicionó como la institución de mayor liderazgo en su campo a nivel nacional (Ramos, 2001).

Como consecuencia de los conflictos internos y externos de la joven nación mexicana durante el siglo XIX, y ante el compromiso de la ENI de colaborar con instituciones gubernamentales para atender las necesidades de modernización de la nación, se establecieron estudios con distintas modalidades: de larga (3 a 6 años) y de corta duración (1 o 2 años). Algunos de estos últimos no tenían un perfil propio, pues estaban conformados por una selección de materias de los primeros. Estaban diseñados para que los estudiantes terminaran en poco tiempo una especialización y se pudieran integrar al campo laboral de manera inmediata, situación en la que se en-

contraron los ensayadores e ingenieros topógrafos. Había, asimismo, estudios de corta duración independientes de los demás, como los ingenieros electricistas. Las carreras de larga duración, por su parte, se distinguían por contar con un perfil definido y por ser las más acreditadas (aunque no siempre las de mayor demanda), como era el caso del ingeniero de minas y metalurgista, el ingeniero industrial (o mecánico, como se le llegó a denominar), el ingeniero civil (o de caminos, puertos y canales) y el ingeniero geógrafo (Ramos, 2013:81-103).

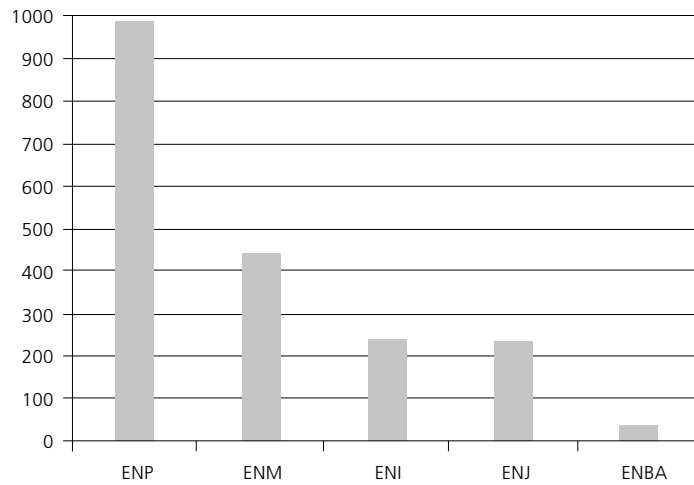
Hacia fines del siglo XIX, el sector educativo se había promovido ampliamente a nivel nacional, y la ENI destacaba como modelo por otras escuelas de ingeniería tanto de la capital como de provincia, a la vez que sus egresados se encontraban ocupando puestos directivos o docentes en esos espacios. Su influencia se dejó notar en establecimientos como la Escuela de Artes y Oficios, la Escuela Nacional de Agricultura y Veterinaria, así como en varios Institutos Científicos y Literarios que emprendían los estudios de ingeniería en otras regiones del país (Ramos, 2007). El liderazgo que mantuvo en su campo le valió su incorporación a la Universidad Nacional de México (UNM) en 1910.

Respecto del resto de las escuelas de educación superior que se integraron a la Universidad, la ENI se colocaba en segundo lugar en demanda, después de la Escuela Nacional de Medicina. La institución de mayor matrícula era la Escuela Nacional Preparatoria (ENP), como se muestra en la gráfica 1, para el año de 1910. Por lo general, el presupuesto en esos años se distribuyó en el mismo orden. En la gráfica 2 presentamos esta situación para 1907.

Los estudios de ingeniería en la ENI hasta 1935

En los albores del siglo XX y con el inicio de la Revolución Mexicana, la ENI enfrentó una crisis académica que la orilló a retirar algunas carreras de su oferta educativa (ensayador e ingeniero geógrafo), a fusionar otras (ingeniero electricista con mecánico e ingeniero de minas con metalurgista) y a instaurar únicamente programas de larga duración como estudios profesionales (Ramos, 2013:151-157). Para 1935 quedaban cuatro carreras de las siete que se habían ofrecido en el siglo anterior y solo una de nueva creación, la de ingeniero petrolero, iniciada en 1927 (ver diagrama 1),¹ que respondía a la dirección económica que tomaba el país con la explotación de yacimientos (Baptista, 2007).

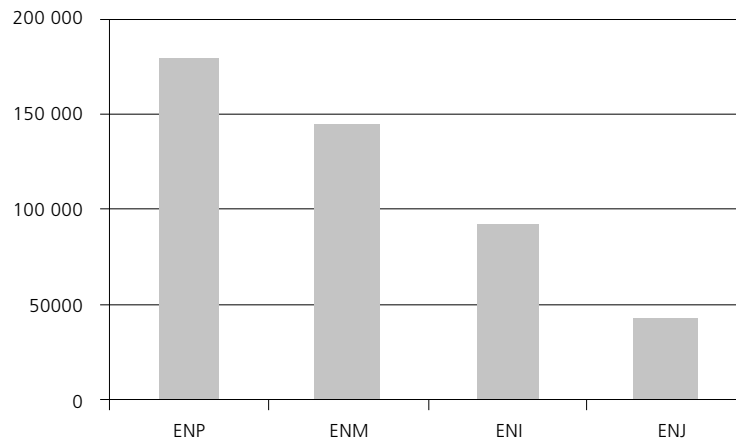
GRÁFICA 1
Matrícula de las escuelas nacionales en 1910



ENP: Escuela Nacional Preparatoria, ENM: Escuela Nacional de Medicina, ENI: Escuela Nacional de Ingenieros, ENJ: Escuela Nacional de Jurisprudencia, ENBA: Escuela Nacional de Bellas Artes.

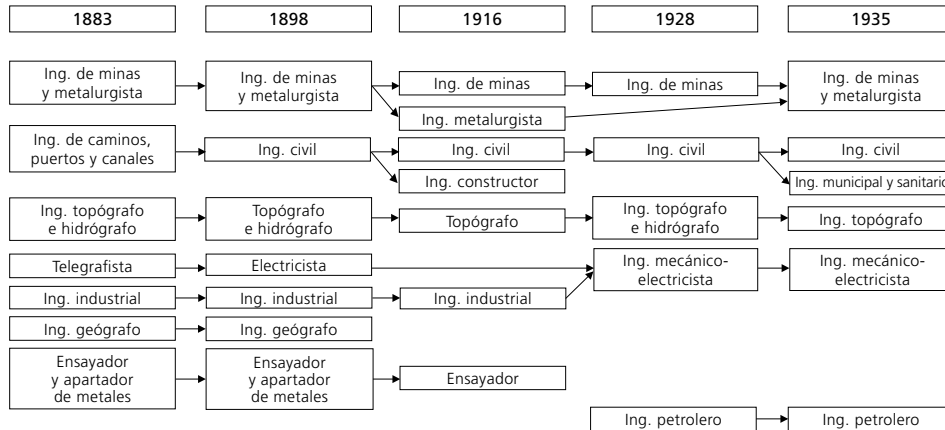
Fuente: Elaboración propia. Los datos se encuentran en Garciadiego, 2000:67 y 121.

GRÁFICA 2
Presupuesto (en pesos) de algunas escuelas nacionales para el año 1907



Fuente: Elaboración propia. *Boletín de Instrucción Pública*, tomo VII, 1907, pp. 540, 542 y 549. En <https://ia600409.us.archive.org/33/items/boletndeinstruc00justgoog/boletndeinstruc00justgoog.pdf> (3 de marzo de 2014).

DIAGRAMA 1
Estudios de ingeniería en la ENI (1883-1935)

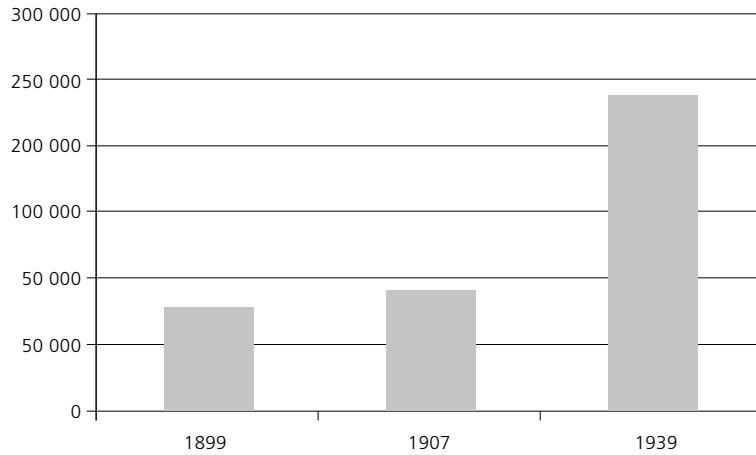


Fuente: Elaboración propia. Datos obtenidos de: para 1883, Dublán, 1878:757 y 758; para 1898, *Revista de la Instrucción Pública Mexicana*, tomo II, núm. 13, 15 de septiembre de 1897, pp. 373-376; para 1916, IISUE-ENI-UNAM, Académico, Planes y programas de estudio, Cursos, caja 21, exp. 37, fo. 1350-1354; para 1928, IISUE-ENI-UNAM, *Universidad Nacional de México. Plan de Estudios de la Facultad de Ingeniería*, Académico, Planes y programas de estudio, Cursos, caja 21, exp. 46, fo. 1534-1539; para 1935, *Organización, planes y programas de estudio de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad Nacional de México. 1935, 1991: 9-14.*

La Escuela Nacional de Ingenieros se transformó en Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) en 1959 (Estrada y Hernández, 2009:166), y hasta esos años varios fueron los estudios que se propusieron y no lograron mantenerse, como ingeniero: químico (Ramos, 2014), hidráulico y sanitario, forestal, municipal y sanitario, aeronauta, constructor, y de caminos (Tanamachi, 2014).

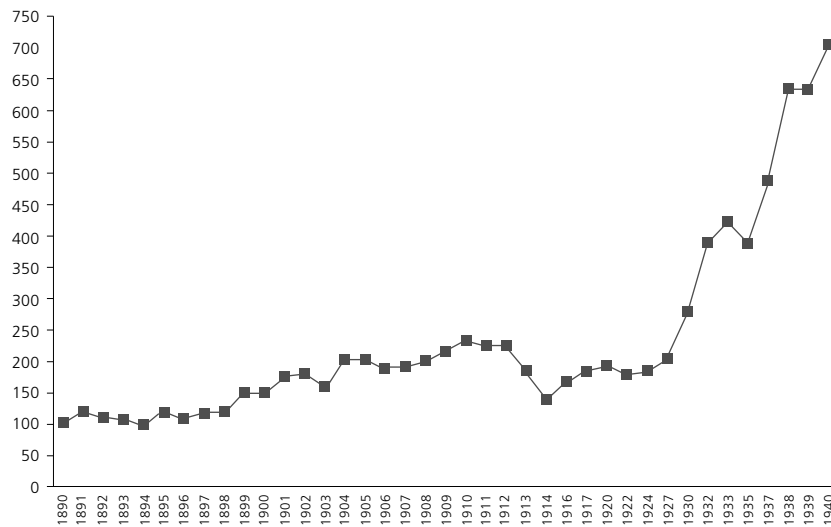
En la década de los treinta, la ENI mostraba una clara recuperación de los trastornos causados durante el gobierno de Porfirio Díaz (1830-1915) y empeorados por el movimiento armado que lo derrocó. El nuevo orden social, político y económico repercutió favorablemente en la ENI. Por ejemplo, los estudios se homogeneizaron a solo profesionales de larga duración, se realizaron reformas curriculares para fortalecerlos y su presupuesto se empezó a incrementar, al igual que la matrícula, el número de materias y, por ende, los catedráticos, como se muestra en las gráficas 3, 4 y 5. No todas las carreras se desempeñaron exitosamente; veremos más adelante cómo la ingeniería civil se consagró como la más importante en la ENI.

GRÁFICA 3
Presupuesto (en pesos) de la ENI en 1899, 1907 y 1939



Fuente: Elaboración propia. Datos obtenidos de: *Breve noticia de los establecimientos de instrucción dependientes de la Secretaría de Estado y del Despacho de Justicia e Instrucción Pública*, 1900:47, disponible en: <http://cdigital.dgb.uanl.mx/la/1080044596/1080044596.PDF>; *Boletín de Instrucción Pública*, tomo VII, 1907, p. 540, <https://ia600409.us.archive.org/33/items/boletndeinstruc00justgoog/boletndeinstruc00justgoog.pdf>; CU-UNAM, caja 10, 14 de febrero de 1939.

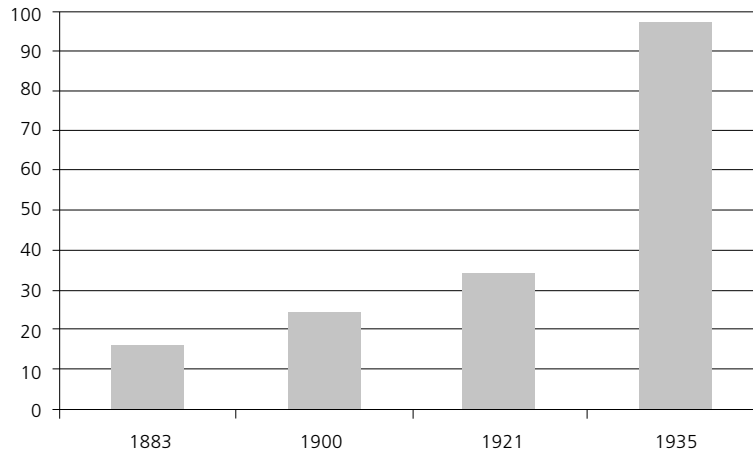
GRÁFICA 4
Matrícula de la ENI (1890-1940)



Fuente: Tanamachi, 2014.

GRÁFICA 5

Incremento en el número de cursos en la ENI en 1883, 1900, 1921 y 1935



Fuente: Elaboración propia. Datos obtenidos de: para 1883 y 1900, Ramos, 1996:201-206; para 1921, IISUE-ENI-UNAM, 708, caja 26, exp. 54, fo. 585 bis; para 1935, AHPM, VI-530, exp. 43.

Las asignaturas de física, sus aplicaciones y ocupaciones laborales de sus profesores

La primera cátedra de física del Colegio de Minería se inició en 1793 bajo la tutoría de un profesor español, quien murió siete años más tarde. El siguiente enfermó al poco tiempo y se tornó imposible contratar personal europeo, como lo había decidido su director. Así fue como inició la tradición de integrar al cuadro docente a los mismos egresados. Los temas que se trataron desde un principio en dicha asignatura eran prácticamente los asociados al campo de la física aplicada a la minería de ese tiempo, como eran propiedades de los cuerpos, estática, dinámica, hidrodinámica, hidrostática y aerometría, además de incluir óptica, calórico, electricidad, magnetismo, meteorología, astronomía, sistemas planetarios y hasta geografía (Ramos, 1994:65-81).

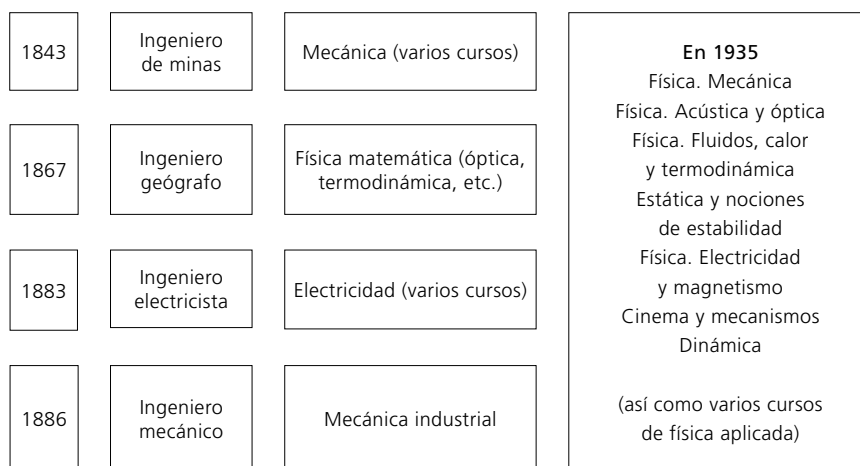
El temario era extenso y, dado que las aplicaciones a la minería en ese entonces incidían principalmente en la mecánica, se daba más prioridad a ese tema, con lo que el estudio de la física empezó a requerir de mayor extensión. Ante esto, se optó por crear una materia exclusivamente de mecánica general en 1843, aunque aun así el tiempo no fue el suficiente para estudiar sus aplicaciones con el debido detenimiento. Se decidió entonces iniciar un curso de mecánica aplicada a la minería en la Escuela Práctica

de Minas, la cual se abrió en Fresnillo, Zacatecas en 1853 y cerró años más tarde. De todas formas, la mecánica prevaleció durante la mayor parte del siglo XIX, como la rama de la física más importante para la formación de los ingenieros en la ENI (Ramos, 2000).

Por la relevancia que tenía la mecánica en el diseño, construcción, reparación y cualquier otro asunto alrededor de las máquinas, se convirtió en materia obligatoria para casi todas las ingenierías. Sin embargo, había algunas especialidades que requerían de otros conocimientos de la física y demandaron la creación de otros cursos. En el siglo XIX los ingenieros geógrafos dieron vida al curso de física matemática, los ingenieros electricistas a los de electricidad, y los ingenieros mecánicos al de mecánica industrial, éste último de vida efímera (Ramos, 2013: 105-121) (ver diagrama 2).

DIAGRAMA 2

Nacimiento de los cursos de física impartidos en la ENI hasta 1935



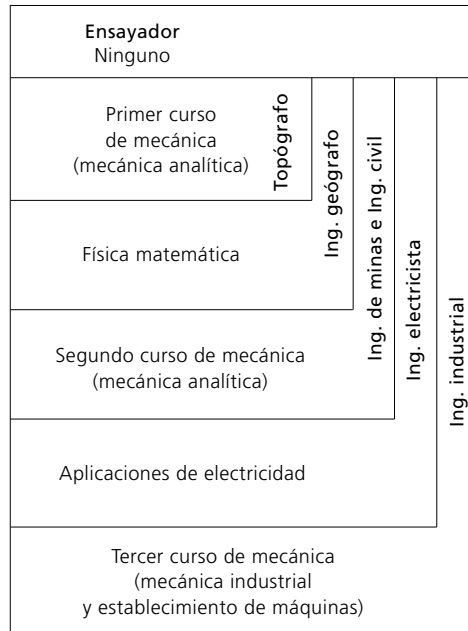
Fuente: Elaboración propia. Información obtenida de Ramos, 1996 y Tanamachi, 2014.

A excepción de la materia de mecánica, el resto de las asignaturas iniciaron como cursos de especialización de cada una de sus carreras. El inconveniente que presentaban era la escasez de estudiantes inscritos, de modo que para no cerrar los cursos se decidió incorporarlos como obligatorios de otras. En esta transición sufrieron algunos cambios: el de física matemática era demasiado extenso, por lo que algunas veces se dividió por temas; el de

mecánica industrial era específico y se ceñía a los estudios que le dieron vida, así que no hubo otra alternativa que transformarla en mecánica aplicada para que fuera de utilidad también para los ingenieros civiles o de minas. Por otra parte, para fines del siglo XIX, la electricidad se había convertido en un área indispensable en cualquier sector productivo, por lo que en la ENI se llegaron a impartir varias asignaturas o sesiones de conferencias como apoyo a los estudios que no cursaban la materia.²

En forma general, el número de cursos de física aumentó al transcurrir el siglo XIX, al principio con el carácter particular de una profesión hasta convertirse en tronco común obligatorio de la mayor parte de las carreras. Para 1935, a todas, a excepción de los ingenieros topógrafos (estudios que se habían caracterizado, algunos años, por la ausencia total de estas materias), les correspondía acreditar las asignaturas de conocimientos básicos y generales de física. El diagrama 3 muestra cómo los ingenieros industriales, en 1902, llevaban los cinco cursos, en contraposición de los ensayadores que no tenían ninguno.

DIAGRAMA 3
Cursos de física por carrera en la ENI en 1902



Fuente: Elaboración propia. Datos consultados en Fernández y Barbero, 1907:61-63.

Esta situación fue cambiando en las siguientes dos décadas, cuando todas las materias se tornaron obligatorias, aunque no fue así para los ingenieros topógrafos, además de que los estudios de los ensayadores dejaron de ofrecerse entonces, como se señala en el cuadro 1.

CUADRO 1
Cursos indispensables de física en la ENI en 1935

Cursos de física	Carreras
Física. Mecánica	Ing. de minas
Física. Acústica y óptica	Ing. civil
Física. Fluidos, calor y termodinámica	Ing. mecánico-electricista
Estática y nociones de estabilidad	Ing. petrolero
Física. Electricidad y magnetismo	Ing. municipal y sanitario
Cinemática y mecanismos	
Dinámica	
Física. Mecánica	Ing. topógrafo
Física. Acústica y óptica	
Física. Fluidos, calor y termodinámica	

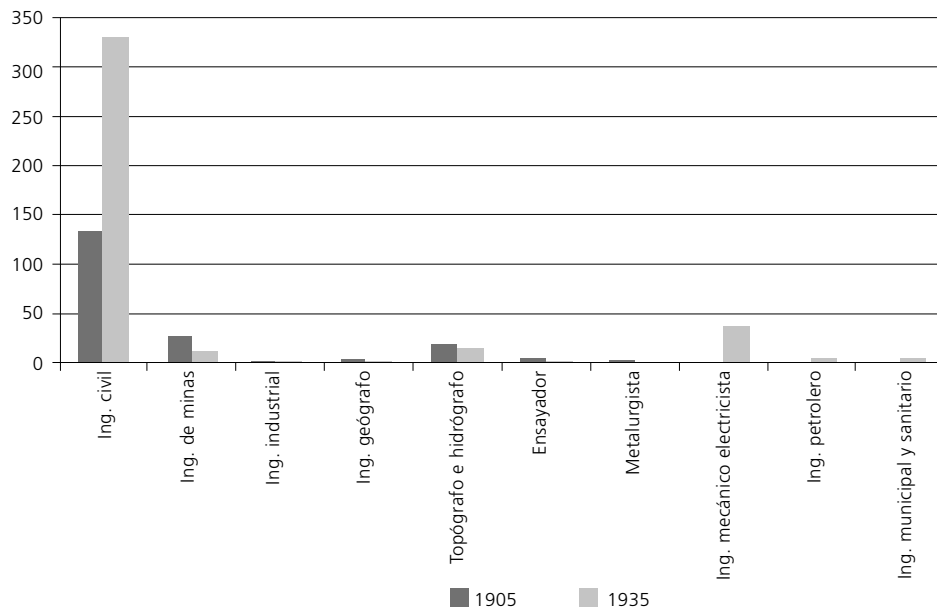
Fuente: Información localizada en Moles *et al.*, 1991:379-380.

Resulta sorprendente la forma en la que se fortalecieron los estudios de ingeniero mecánico-electricista a raíz de la fusión de la que fueron resultado. Con esa solidez, la matrícula empezó a aumentar, aunque lentamente, pues los ingenieros civiles tomaron el liderazgo desde fines del siglo XIX y la mayor parte del siglo siguiente (ver gráfica 6).³

En la década de los treinta del siglo XX, los cursos de física, al igual que los de matemáticas, se habían tornado indispensables en la formación de los ingenieros en la ENI. Los estudios que sobresalían por tenerlos en su base curricular eran precisamente los de los ingenieros mecánicos-electricistas, pues además de las materias básicas debían cubrir un gran número con

aplicaciones como hidráulica; máquinas hidráulicas, de corriente continua y de corriente alterna, térmicas (generadores y motores de vapor); distribución y transmisión de energía eléctrica; mediciones eléctricas; fotometría y alumbrado; complementos de máquinas térmicas; proyecto de plantas de vapor e hidroeléctricas, entre otras. De esta manera se convirtieron en los estudios más sólidos en el campo de la física. No obstante, no fueron los de mayor demanda en ese periodo.

GRÁFICA 6
Matrícula de la ENI en 1905 y 1935



Fuente: Elaboración propia. Datos obtenidos de: para 1905, AHPM, 1906-II-285, núm. 4, p. 4, "Informe General correspondiente al año escolar de 1905"; para 1935, AHPM, 1935, VIII-530, exp. 39.

Como vimos anteriormente, tanto el número de cursos de física como los temas que incluían fueron en aumento por los avances que experimentaba este campo en el mundo y lo mismo sucedió con sus aplicaciones. En el cuadro 2 mostramos este fenómeno, sobre el que conviene mencionar que los profesores de los cursos básicos comúnmente impartían también materias aplicadas.

CUADRO 2
Cursos relacionados con aplicaciones a la física

1898	1928
Aplicaciones de electricidad	Procedimientos de construcción
Estabilidad de las construcciones	Estabilidad de las construcciones
Hidráulica e ingeniería sanitaria	Hidráulica
Hidráulica y meteorología	Máquinas hidráulicas
Geodesia y astronomía práctica	Máquinas térmicas
Astronomía general y física y elementos de mecánica celeste	Ingeniería eléctrica
	Máquinas de corriente continua y de corriente alterna
	Máquinas térmicas (generadores y motores de vapor)
	Distribución y transmisión de energía eléctrica
	Mediciones eléctricas, fotometría y alumbrado
	Máquinas hidráulicas y térmicas
	Complementos de máquinas térmicas
	Proyecto de plantas de vapor
	Proyecto de plantas hidroeléctricas
	Astronomía práctica
	Técnica de la geodesia, teoría de los errores y cálculo práctico

Fuente: *Revista de la Instrucción Pública Mexicana*, tomo II, núm. 13, 15 de septiembre de 1897, pp. 373-376; IISUE-ENI-UNAM, *Universidad Nacional de México. Plan de Estudios de la Facultad de Ingeniería*, Académico, Planes y programas de estudio, Cursos, caja 21, exp. 46, fo. 1534-1539.

La mayor parte de los profesores de la ENI eran egresados de la misma Escuela. En el siglo XIX, el mayor número de alumnos graduados se había formado en carreras afines a la minería o en topografía, y ellos sobresalían como los principales catedráticos de la institución. En el último tercio del siglo XIX la ingeniería civil comenzó a despuntar y, en las primeras décadas del siguiente, se colocó como la de mayor demanda, con el índice de graduación más alto. Este hecho inclinó la balanza del cuerpo docente hacia los ingenieros

civiles. Este patrón se reflejó en el aula con los cursos de física y determinó el quehacer de los profesores en la esfera gubernamental principalmente, pero también en la industria privada, aunque en mucho menor medida, pues las empresas eran eminentemente extranjeras, y preferían contratar personal especializado proveniente de las naciones industrializadas.

En este sentido, resulta interesante observar la transición que se produjo en la formación de los titulares de los cursos de física porque nos abre una ventana a las actividades o trabajos precisos que les demandaba el aparato gubernamental, el cual también sufrió cambios radicales en ese periodo, al igual que la estructura económica y social del país. Esta situación se observa en el cuadro 3. Vemos que los catedráticos de física durante el Porfiriato se habían formado en carreras asociadas con la minería, en topografía y en geografía. En ese periodo, la de topógrafo era una carrera corta, y sus materias estaban incluidas en la de los geógrafos, de minas o civiles. En esa época era común que los geógrafos se graduaran primero de topógrafos y después decidieran continuar con el programa restante. De hecho, los geógrafos sobresalieron por tener los estudios más sólidos en ciencias físicas y, al dejar de aparecer en los programas de la ENI durante el movimiento de la Revolución Mexicana, su lugar fue ocupado por los ingenieros mecánicos-electricistas, aunque esta situación se hizo visible hasta la etapa de reorganización del país al término del movimiento armado.⁴

En el cuadro 3 encontramos nombres de personajes que participaron activamente en la organización del país durante el Porfiriato y que trabajaron directamente en la Secretaría de Fomento, Colonización, Industria y Comercio; en particular, Valentín Gama llegó a dirigir esa Secretaría (y también fue rector de la UNM), una de las más importantes en esa época, por cierto. La mayor parte de los ingenieros buscaban trabajar en ese espacio, pues era el organismo encargado de modernizar al país y de supervisar las industrias extranjeras que se instalaban en la nación.⁵ Los ingenieros geógrafos, aunque fueron muy pocos (durante el siglo XIX se graduaron solo 14), tuvieron una participación sumamente activa realizando actividades geográficas (delimitación de las fronteras, por ejemplo), geodésicas, meteorológicas y cartográficas. Ellos fueron los fundadores de los observatorios Astronómico Nacional, Astronómico Central e inclusive dirigieron el Meteorológico Central. Por su sólida formación en física fueron fervientes promotores de las ciencias físicas en México. Gama, por

ejemplo, llegó a impartir cátedra en la Facultad de Ciencias de la UNAM y Juan Mateos fue el autor del primer libro de Relatividad publicado en México (Moncada *et al.*, 1999).⁶

CUADRO 3

Relación de profesores de los cursos de física en la ENI de 1867 a 1922

	Nombre del profesor	Años en los que impartió su curso	Formación
MECÁNICA	Miguel Bustamante	Mecánica racional y aplicada (1867-1881)	Topógrafo e Ing. de minas (ENI, 1856)
	Eduardo Garay	Mecánica analítica y aplicada (1882)	Ensayador (EEI, 1868)
	Francisco Rodríguez Rey	Mecánica analítica y aplicada (1883-1904)	Ensayador e Ing. topógrafo (EEI, 1872)
	Valentín Gama y Cruz	Mecánica general (1904-1916) y Física (todos los temas, 1917-1922)	Ing geógrafo (ENI, 1891)
	Juan Mateos*	Mecánica general (1905)	Ing. topógrafo, civil y geógrafo (ENI, 1886, 1889 y 1891)
	Sotero Prieto Rodríguez	Mecánica general (1912) Interino	Ing. civil (no se tituló) (ENI)
	Antonio Gamboa (encargado)	Gabinete de física (1916-1917)	(no se especifica)
	José Antonio Cuevas*	Mecánica general y aplicada (1916-1922)	Ing. civil (ENI, 1916)
	Ignacio Avilez Serna*	Mecánica general y aplicada (1916-1922)	Ing. civil (ENI, 1914; y Univ de Syracuse, 1941)
	Basiliso Romo	Física (1917-1933)	Ing. agrónomo (ENAV, 1888)
FÍSICA MATEMÁTICA	Agustín Zamora	Física (1867-1868)	No se especifica
	José Bustamante	Hidrografía y física del globo (1869) y Cálculo de prob. y física del globo (1881)	Ensayador (ENI, 1959)
	Miguel Pérez	Cálculo de probabilidades y física matemática (1886-1889) y Física mat. (1891-1892)	No se especifica
	Francisco Garibay	Física matemática (1906)	Ing. topógrafo e hidrógrafo (ENI, 1890)
	Manuel L. Stampa (interino)**	Física matemática (1908) y Mecánica general (estática) y mecánica aplicada a las const. (1916)	Ing. civil. Instituto Industrial de Lille
	Daniel Olmedo	Física matemática (1913-1916)	Topógrafo (ENI, 1894)
	Salvador E. Altamirano Moya**	Física matemática (1913)	MIT, Ing. electricista (1909)
	Francisco Urquidi**	Física matemática (1913)	Ing. industrial (1903) y eléctrico. Esc. Central de Artes y Manufacturas (París) / Esc. Superior de Electricidad

CUADRO 3 / CONTINUACIÓN

	Nombre del profesor	Años en los que impartió su curso	Formación
ELECTRICIDAD	Alberto Best*	2° curso de electricidad (1890-1897)	Ing. topógrafo (ENI)
	Mariano Villamil	1° curso de electricidad (1892) y Física matemática (1898-1906)	Ensayador, topógrafo y electricista (EEI, ENI, 1886)
	Carlos Prieto R. (preparador)	Laboratorio de electricidad (1911-1913)	No se especifica
	Carlos Luca Marin	Electricidad (preparador, 1917), Electricidad para civiles y mineros (1922), Prácticas electricidad (1922)	Ing. electricista (ENI, 1914)
	Daniel Olmedo	Electricidad (1917-1920), Electricidad para ing civiles y minas (1920), 2° curso de electricidad (1922)	Topógrafo (1894) ENI
	Guillermo A. Keller B.***	Laboratorio de electricidad (1922-1931)	Ing. Esc. Real Industrial Alejandro Volta/Esc. Superior de Ingeniería de Nápoles, Esc. de Ingeniería de Dresden y de Charlottenburg

* Ingenieros de la ENI pensionados en el extranjero para perfeccionar sus estudios.

** Mexicanos con estudios de ingeniería en el extranjero.

*** Ingeniero extranjero formado en Alemania.

Fuente: Datos obtenidos de Tanamachi, 2014.

Los ingenieros geógrafos, además de consagrarse como profesores de mecánica, también lo fueron de la materia a la que dieron vida, la física matemática. Si bien es cierto que la mecánica era la base de la ingeniería en la primera mitad del siglo XIX, la física en el mundo mostraba avances importantes en otros temas, y los ingenieros geógrafos deseaban saberlos, pues sus actividades requerían de conocimientos actualizados y modernos. Su curso empezó en 1867 con temas relacionados con el planeta Tierra y la astronomía y, poco a poco, se integraron otros como óptica, acústica, calor, termodinámica, electricidad y magnetismo, e inclusive física molecular. Era un curso de alto nivel que se enfrentaba a la escasez de estudiantes; por ello se decidió hacerla obligatoria para otras y para todas las carreras en la década de los años treinta del siglo XX.

Los cursos de electricidad sufrieron el mismo problema que el de física matemática, pues su origen estuvo en un curso de telegrafía para formar

telegrafistas, que se fue modificando hasta convertirse en cursos formales de electricidad y magnetismo con importantes aplicaciones al sector industrial. Los ingenieros electricistas también carecían de alumnos inscritos, tanto que solo se habían graduado cuatro hasta 1910. Por la importancia del curso se decidió, de igual manera, establecerlo como obligatorio para otras carreras y, con ello, garantizar su apertura. Conviene mencionar que este fue el único curso de física en ese periodo, y a él se integró un catedrático extranjero, situación poco común en la ENI: el ingeniero Guillermo A. Keller Bergamini, quien fue un profesor dedicado a los cursos de electricidad tanto en la ENI como en la Escuela Práctica de Ingenieros Mecánicos y Electricistas (EPIME). Laboró en la compañía Siemens Schuckertwerke, en laboratorios de ensayos y pruebas, y como inspector de montajes e instalaciones de plantas. Asimismo, trabajó en la organización y puesta en marcha de las plantas de la Compañía Hidroeléctrica e Irrigadora de Chapala (Ortiz, 2011:94).

Por la relevancia que había adquirido la física, en general, en el sector industrial se hizo común que los estudiantes o egresados de la ENI viajaran becados a Europa o a Estados Unidos para hacer una especialización y, a su regreso, incorporaran esos conocimientos en sus cátedras. En otra modalidad se encuentran los jóvenes mexicanos que realizaron sus estudios de ingeniería en otros países. Algunos de ellos, a su regreso, se incorporaron a la ENI, como se señala en el cuadro 3.

Al término de la Revolución Mexicana y en la etapa de reconstrucción del país, la colaboración de los profesores de física con el sector gubernamental se tornó diferente, pues la estructura económica y organización institucional nacionales cambiaron, al igual que sucedió al interior de la ENI. Ahora eran los ingenieros civiles, principalmente, los que participaban en las instituciones de reciente creación, como la Comisión Nacional de Irrigación (transformada en Secretaría de Recursos Hidráulicos en 1946), la Comisión Nacional de Caminos, la Comisión Federal de Electricidad y Petróleos Mexicanos (Martín del Castillo, 2007:14). En estas comisiones participaron algunos de los profesores de física en las décadas de los veinte y treinta del siglo XX. En el cuadro 4 se listan los nombres de los catedráticos de los cursos de física divididos ahora temáticamente, más que por los tres grandes campos de antaño: mecánica, física matemática y electricidad.

CUADRO 4
Catedráticos de física de la ENI de 1928 a 1937

Nombre del profesor	Años en los que impartió su curso	Formación
José Antonio Cuevas*	Estática (1923-1928)	Ing. civil (ENI)
Ignacio Avilez Serna*	Dinámica y mecanismos (1925), Estática y nociones de estabilidad (1935)	Ing. civil (ENI y Universidad de Syracuse)
Carlos Luca Marin	Laboratorio de electricidad (1928-1931)	Ing. electricista (ENI, 1914)
Guillermo A. Keller B.***	Laboratorio de electricidad (1922-1931)	Ing. (Esc. Real Industrial Alejandro Volta/ Esc. Sup. de Ing. de Nápoles, Esc. de Ing de Dresden y de Charlottenburg)
Mariano Hernández Barrenechea	Ejercicios de física (1928), Dinámica y mecánica (1928-1931), Física (mecánica y estática y dinámica de los fluidos y calor) (1931-1933), Física. Mecánica (1935), Cinemática y mecanismos (1935), Dinámica (1935), Física. Mecánica y fluidos (1936-1939), Cinemática, mecanismos y dinámica (1937-1942)	Ing. civil (ENI, 1924)
Claudio Castro	Estática y 1er curso de estabilidad (1931), Estática y estabilidad (1935-1937), Ejercicios de estática y estabilidad (1938)	Ing. de minas y metalurgista (ENI, 1892)
Luis Vargas Varela	Ejercicios de física. Mecánica (1933-1939), Física. Mecánica y fluidos (1940-1942)	Ingeniero civil (ENI, 1934)
Carlos Vallejo Márquez	Dinámica (1935) (adjunto)	Ingeniero mecánico (EPIME)
Efrén Fierro y Camargo	Física. Acústica y óptica (1935), Física. Acústica, óptica, calor y termodinámica (1936-1940), Física. Calor y termodinámica (1942), Estática y nociones de estabilidad (1942)	Profesor universitario (ingresó en 1926) Escuela Normal Superior
Eduardo Luque Díaz	Electricidad y magnetismo (1928)	No se especifica
Carlos Steiner	Laboratorio de electricidad (1928)	Ing. mecánico electricista (ENI, 1927)

(CONTINÚA)

CUADRO 4 / CONTINUACIÓN

Nombre del profesor	Años en los que impartió su curso	Formación
Carlos Graef Fernández*	Lab. de electricidad y magnetismo (1935)	Ing. civil o petrolero (ENI)
Basiliso Romo	Física. Mecánica (1935), Física - Fluidos, calor y termod. (1935), Física - Mecánica y fluidos (1936-1939), Acústica, óptica, calor y term. (1937-1940)	Ing. agrónomo (ENAV)
Alfredo Baños, Jr.**	Física - Electricidad y magnetismo (1935-1937)	Ing. electricista (1928), Dr. en Ing (1936) y Dr en Física teórica (1938), (Univ de Texas, Univ Johns Hopkins y MIT)

* Ingenieros de la ENI que salieron al extranjero para perfeccionar sus estudios.

** Mexicano con estudios de ingeniería y en otros campos en el extranjero.

***Ingeniero extranjero formado en Alemania.

Fuente: Datos aportados por Tanamachi, 2014.

Cabe destacar que, a pesar de los problemas que sufría la ENI por las convulsiones del país, todavía ejercía influencia sobre otras instituciones. Algunos de los profesores de física ocuparon cargos directivos, como Manuel Stampa en la EPIME y en la Escuela de Artes y Oficios para Hombres, por mencionar un ejemplo. La mayoría de los catedráticos que se presentan en el cuadro 4 impartían cursos en la mayor parte de las instituciones de educación superior, media superior, e inclusive en el nivel de secundaria, pues eran años en los que no existía la categoría de tiempo completo, y para tener un salario apropiado era necesario dictar cátedra en varios lugares.

También es relevante señalar que la ENI tuvo una participación decisiva en la creación de las primeras profesiones e instituciones científicas de física y matemáticas en la década de los años treinta. El Palacio de Minería albergó, entre otras instituciones, al Departamento de Ciencias Físicas y Matemáticas creado en 1935, el cual fue transformado al año siguiente en Escuela Nacional de Ciencias Físicas y Matemáticas, misma que, en 1938, adquirió la denominación de la actual Facultad de Ciencias. Asimismo, en Minería se instaló el Instituto de Ciencias Físicas y Matemáticas en 1938, el cual se transformó en los institutos de Física y de Matemáticas, que iniciaron actividades, respectivamente, en 1939 y en 1942. En este nacimiento de

las ciencias físicas no solo participaron algunos profesores de física de la ENI, sino que llegaron a ocupar cargos directivos tanto de la Facultad de Ciencias como de los institutos. Entre ellos podemos mencionar a Ricardo Monges López (1886-1983), Alberto Barajas (1913-2004), Alfredo Baños Jr. (1905-1994), Carlos Graef Fernández (1911-1988) y Alfonso Nápoles Gándara (1897-1992) (Tanamachi y Ramos, 2014).

Influencia estadounidense en la adquisición de material didáctico

A principios del siglo xx, Estados Unidos desplazó a varios países europeos y se colocó como uno de los socios comerciales fundamentales de México, principal proveedor de bienes de capital y destino primordial de las exportaciones (Kuntz, 2013:182). Esta situación se empezó a reflejar al interior de la ENI, en lo que se refiere a la adquisición de equipo y material didáctico de la Escuela. Los materiales y aparatos que se compraban de manera cotidiana en Europa, ahora se solicitaban también a empresas estadounidenses. En términos de libros y revistas, se empezaron a adquirir materiales publicados en inglés, algunos de ellos con traducción al español, o bien, escritos en otro idioma (ruso o alemán, por ejemplo) con traducción al inglés, como sucedía en otros tiempos con el francés, cuando se había convertido en la lengua prioritaria en la difusión del conocimiento científico.

El cuadro 5 muestra la lista que aprobó la Secretaría de Educación Pública y Bellas Artes en 1906, donde la mayoría son obras en inglés. También se enumeran los libros de texto utilizados en cursos de física en el siglo XIX, para hacer notar la marcada incidencia que poseían los textos franceses en las últimas décadas de esa centuria y la presencia de los sajones en los años treinta, cuando la literatura científica todavía no alcanzaba altos estándares de difusión que tendría después de la segunda Guerra Mundial.

En esos años, la ENI promovía que los profesores escribieran y publicaran sus propios libros de texto. Durante el Porfiriato, la imprenta de la Secretaría de Fomento colaboró en esta actividad. En física solo conocemos dos libros publicados en ese periodo, el de Adolfo Díaz y Francisco Garibay, *Apuntes de magnetismo terrestre* (Secretaría de Fomento, México, 1887), que escribieron para la clase de meteorología. Por otra parte está el de Valentín Gama (1868-1942), *Nociones fundamentales de mecánica*, que utilizó en su clase. En realidad muy poco se publicó en ciencias físicas, a diferencia de otros campos, como las matemáticas, donde los profesores eran prolí-

ficos. Sin lugar a dudas, era algo inusitado que los libros se continuaran utilizando una vez que el profesor que los empleaba había muerto, y por ello vale la pena destacar los de Francisco Díaz Covarrubias (1833-1889), que se continuaban utilizando después de 17 años de su fallecimiento.

CUADRO 5

Material didáctico de la ENI

Textos de física en el siglo XIX	Textos de física en 1935 y 1937	Textos de otras materias en 1906
Edmond Bour, <i>Mecánica y máquinas</i>	M. Désiré Mathieu, <i>Curso de resistencia de materiales y estabilidad de las construcciones</i>	Glazebrook, <i>Mechanics an elementary text book theoretical and practical</i>
A. Faffé, <i>Mecánica aplicada a las máquinas</i>	Fred B. Seely, <i>Resistance of materials</i>	Delaunay, <i>Meécanique rationnelle</i>
Edmond Bour, <i>Cours de mécanique et machines</i>	Charles Edward Fuller y William Atkinson Johnston, <i>Mecánica aplicada</i>	Moulau, <i>Mécanique appliquée</i>
Charles-Eugène Delaunay, <i>Mecánica analítica</i>	Peter Schwamb, Allyne Litchfield Merrill y Walter Herman James, <i>Elements of mechanism</i>	Lefébure de Fourcy, <i>Álgebra</i>
Alfred-Aimé Flamant, <i>Mécanique générale</i>	Rufus Benjamin Felten, <i>Problems in machine drawing</i>	Sonnet y Frontera, <i>Geometría analítica</i>
Fustegueras y Hergot, <i>Cours de mécanique théorique et appliquée</i>	Paul Appell, <i>Précis de mécanique rationnelle</i> (libro de consulta)	F. Díaz Covarrubias, <i>Análisis trascendente</i>
F. Joubert, <i>Electricidad</i>	Henri Poincaré, <i>Cinématique et mecanismes</i> (libro de consulta)	Elizalde, <i>Geometría descriptiva</i>
Ganot, <i>Física</i>	C. H. C. Harmann, <i>Les mécanismes</i> (libro de consulta)	F. Díaz Covarrubias, <i>Topografía</i>
Garibay y Díaz, <i>Apuntes de magnetismo</i>	Paul Appell, <i>Précis de mécanique rationnelle</i> (libro de consulta)	J. Pedrera, <i>Hidrografía</i>
Alfred-Aimé Flamant, <i>Mécanique générale</i>	Charles-Jean de la Vallée Poussin, <i>Leçons de mécanique analytique</i> (libro de consulta)	Leroy, <i>Corte de Piedras</i>
	Edward Rose Maurer, <i>Technical mechanics</i>	Leroy, <i>Carpintería</i>
	Henri Bouasse, <i>Acoustique générale</i>	Birkinire, <i>Skeleton Constructions in Buildings</i>
	Alfred Horace Davis y George William Clarkson Kaye, <i>The acoustics of buildings</i>	Pillet, <i>Stabilité des constructions</i>
	Jean Baptiste Tourriol, <i>Cours d'optique géométrique</i>	Merriman, <i>Treatise on hydraulics</i>

CUADRO 1 / CONTINUACIÓN

Textos de física en el siglo XIX	Textos de física en 1935 y 1937	Textos de otras materias en 1906
	Orest Danilovich Khvolson, <i>Física</i>	Beaumeister, <i>The cleaning and sewerage of cities</i>
	John Edward Emswiler, <i>Thermodynamics</i>	Dana, <i>Mineralogy</i> (libro de consulta)
	Forrest E. Cardullo, <i>Practical Thermodynamics</i> (libro de consulta)	Harker, <i>Petrology</i>
	Lecon, <i>Thermodynamics</i> (libro de consulta)	Woods, <i>Paleontology</i>
	Leigh Page y Norman Isley Adams, Jr., <i>Principles of electricity</i>	Le Corite, <i>Geology</i>
	William Thomas Allder Emtage, <i>Electricity and magnetism</i> (libro de consulta)	Fresenius, <i>Manual of Qualitative and Quantitative Chemical Analysis</i>
	Sydney George Starling, <i>Electricity and Magnetism</i> (libro de consulta)	Peyster Richetts, <i>Notes on assaying</i>
	James Hopwood Jeans, <i>The mathematical Theory of electricity and magnetism</i> (libro de consulta)	Spaulding, <i>Roads and pavements</i>
	Peter Schwamb, Allyne Litchfield Merrill y Walter Herman James, <i>Elements of mechanism</i>	W.Loring Webb, <i>Railroad construction</i>
	Rufus Benjamin Felten, <i>Problems in machine drawing</i>	Foster, <i>Treatise on wooden trestle bridges</i>
	Paul Appell, <i>Précis de mécanique rationnelle</i> (libro de consulta)	Merriman, <i>Bridge design</i> (III part.)
	C. H. C. Harmann, <i>Les mécanismes</i> (libro de consulta)	Wilson, <i>Manual of irrigation engineering</i>
	Charles-Jean de la Vallée Poussin, <i>Leçons de mécanique analytique</i> (libro de consulta)	Beauregard, <i>Economie politique</i>
	Edward Rose Maurer, <i>Technical mechanics</i>	
	Henri Bouasse, <i>Acoustique générale</i>	
	Alfred Horace Davis y George William Clarkson Kaye, <i>The acoustics of buildings</i>	
	Jean Baptiste Tourriol, <i>Cours d'optique géométrique</i>	
	Orest Danilovich Khvolson, <i>Física</i>	
	John Edward Emswiler, <i>Thermodynamics</i>	
	Forrest E. Cardullo, <i>Practical thermodynamics</i>	
	Lecon, <i>Thermodynamics</i>	

Fuente: Datos aportados por Tanamachi, 2014.

Conclusiones

Este trabajo muestra cómo la primera institución científico-técnica de educación superior en México, que fue además la más importante del país, empezó con un curso de física experimental –entre otras disciplinas científicas– para los únicos estudios que ofrecía a fines del siglo XVIII, dirigidos a los expertos de minas. Con el paso de los años, las especialidades de ingeniería se incrementaron y diversificaron, y lo mismo sucedió con las materias relacionadas con las ciencias físicas, aunque no todos los estudios las tenían como asignaturas obligatorias. En los albores del siglo XX, la Escuela Nacional de Ingenieros, sucesora de dicha institución especializada en la minería, contaba con siete estudios de ingeniería. No obstante, algunos no cursaban física, y cada uno de ellos cubría sus necesidades, en cuanto a los temas abordados, de manera particular y de acuerdo con sus características. Esta situación cambió de manera contundente en la década de los años treinta, cuando la física –al igual que las matemáticas– se convirtió en una disciplina fundamental y obligatoria para todas las profesiones de ingeniería, con conocimientos y aplicaciones particulares. Este cambio fue concomitante con el progreso científico y tecnológico, así como con transformaciones a nivel nacional en la esfera educativa, el sector productivo y la creación de infraestructura, ámbitos que contaron con la destacada participación de profesores de física de dicha institución. El efecto de estas transformaciones se dejó ver incluso en la evolución de la influencia extranjera de la que fue objeto la educación científica y técnica de esta escuela.

Notas

¹ No se contabiliza la carrera de ingeniero municipal y sanitario pues tuvo una vida efímera.

² En 1928, por ejemplo, la ingeniería mecánica-eléctrica incluía en su plan de estudios los siguientes cursos relacionados con la electricidad: electricidad y magnetismo, electrotécnica –dividido en dos asignaturas, máquinas de corriente continua y de corriente alterna– y distribución y transmisión de energía eléctrica, además de otras. IISUE-ENI-UNAM, *Universidad Nacional de México. Plan de Estudios de la Facultad de Ingeniería*, Académico, Planes

y programas de estudio, Cursos, caja 21, exp. 46, fo. 1534-1539.

³ El trabajo de Domínguez (2013) explica a detalle cómo y por qué los ingenieros civiles sobresalieron en la ENI.

⁴ La historia de los estudios de ingeniería mecánica eléctrica ha sido estudiada por Díaz y Saldaña (2005).

⁵ Para lo cual creó la figura de ingeniero inspector (Martínez y Ramos, 2006).

⁶ En total se graduaron 17 ingenieros geógrafos, cuatro más obtuvieron su título en el siglo XX.

Siglas de los archivos consultados

AHPM-UNAM	Acervo Histórico del Palacio de Minería, Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)
IISUE-ENI-UNAM	Archivo del Instituto de Investigaciones sobre la Universidad y la Educación de la UNAM. Fondo Escuela Nacional de Ingeniería
CU-UNAM	Archivo del Consejo Universitario (Rectoría) de la UNAM

Referencias

- Baptista González, David Martín (2007). *La creación de la primera carrera de ingeniero petrolero en la Universidad Nacional*, tesis de licenciatura, Ciudad de México: FFyL-UNAM.
- Díaz Molina, Libertad y Juan José Saldaña (2005). “Contra la corriente. La institucionalización de la enseñanza de la ingeniería eléctrica en México, 1889-1930”, en *La Casa de Salomón en México. Estudios sobre institucionalización de la docencia y la investigación científicas*, Ciudad de México: FFyL-DGAPA-UNAM, pp. 153-184.
- Domínguez Martínez, Raúl (2013). *La ingeniería civil en México, 1900-1940. Análisis histórico de los factores de su desarrollo*, Ciudad de México: IISUE, UNAM.
- Dublán, Manuel y José María Lozano (comps.) (1878). *Legislación mexicana o colección completa de las disposiciones legislativas expedidas desde la independencia de la República*, vol. X, s.l.e., Imprenta del Comercio.
- Estrada Castillo, Octavio y Gloria Adriana Hernández Sánchez (2009). “Sistema Bibliotecario de la Facultad de Ingeniería”, *Biblioteca Universitaria*, vol. 12, núm. 2, pp. 166-174.
- Fernández Villarreal, Manuel y Francisco Barbero (eds.) (1907). *Colección legislativa completa de la República Mexicana con todas las disposiciones expedidas para la Federación, el Distrito y los Territorios Federales*, tomo XXXIV, año de 1902, Tipografía de la viuda de F. Díaz de León.
- Garciadiego Dantan, Javier (2000). *Rudos contra científicos. La Universidad Nacional durante la Revolución Mexicana*, 1a. reimpresión de la 1a. ed., Ciudad de México: El Colegio de México/UNAM.
- Kuntz Ficker, Sandra (2013). “De las reformas liberales a la gran depresión, 1856-1929”, en S. Kuntz (coord.) *Historia de la economía mexicana 1519-2010*, Ciudad de México: El Colegio de México, pp. 148-231.
- Martín del Castillo, Carlos (coord.) (2007). *La construcción de un país. Historia de la ingeniería civil mexicana*, Ciudad de México: Colegio de Ingenieros Civiles de México/ Instituto Politécnico Nacional.
- Martínez Miranda, Elio y María de la Paz Ramos Lara (2006). “Funciones de los ingenieros inspectores al comienzo de las obras del complejo hidroeléctrico de Necaxa”, *Historia Mexicana*, vol. LVI, núm. 1, julio-septiembre, pp. 231-286.
- Moles Batllevell, Alberto *et al.* (1991). *La enseñanza de la ingeniería mexicana, 1792-1990*, Ciudad de México: Sociedad de ex Alumnos de la Facultad de Ingeniería de la UNAM.

- Moncada Maya, José Omar; Escamilla Herrera, Irma; Cisneros Guerrero, Gabriela; Meza Cisneros, Marcela (1999). *Bibliografía geográfica mexicana. La obra de los ingenieros geógrafos*, Ciudad de México: Instituto de Geografía-UNAM.
- Organización, planes y programas de estudios de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad Nacional de México. 1935* (1991). Edición facsimilar, Ciudad de México: Prensas de Ciencias-UNAM.
- Ortiz Morales, Andrés (2011). *De la ciencia aplicada a la investigación científico-tecnológica: la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica del IPN*, tesis de doctorado, Ciudad de México: División de Posgrados-Escuela Nacional de Antropología e Historia.
- Ramos Lara, María de la Paz (1994). *Difusión e Institucionalización de la mecánica newtoniana en México en el siglo XVIII*, Ciudad de México: Sociedad Mexicana de Historia de la Ciencia y de la Tecnología/Universidad de Puebla.
- Ramos Lara, María de la Paz (1996). *Historia de la física en México en el siglo XIX: Los casos del Colegio de Minería y la Escuela Nacional de Ingenieros*, tesis de doctorado, Ciudad de México: FFyL-UNAM.
- Ramos Lara, María de la Paz (2000). “La mecánica clásica y su enseñanza en el Colegio de Minería (1800-1867)”, *Contactos*, núm. 37, tercera época, julio-septiembre, pp. 49-59.
- Ramos Lara, María de la Paz (2001). “La Escuela Nacional de Ingenieros en el siglo XIX”, *La educación superior en el proceso histórico de México*, tomo II (Siglos XIX-XX), Ciudad de México: SEP/ANUIES/UABC, pp.188-195.
- Ramos Lara, María de la Paz (2007). *Formación de ingenieros en el México del Siglo XIX*, México: UNAM/UAS.
- Ramos Lara, María de la Paz (2013). *Vicisitudes de la ingeniería en México (siglo XIX)*, Ciudad de México, UNAM.
- Ramos Lara, María de la Paz (2014). “El primer proyecto curricular de Ingeniería química en México en la Escuela Nacional de Ingenieros (1911)”, *Aportes recientes a la historia de la química en México*, UNAM, pp. 149-172.
- Tanamachi Castro, Gerardo (2014). *La enseñanza de la física en la Escuela Nacional de Ingenieros y su aportación a la profesionalización de la física en México*, México, tesis de licenciatura, Facultad de Ciencias-UNAM.
- Tanamachi Castro, Gerardo y Ramos Lara, María de la Paz (2014). “La Escuela Nacional de Ingenieros, fundamental en el nacimiento de la física profesional en México”, *Revista Mexicana de Física E*, vol. 60, núm. 2, pp. 116-129.

Artículo recibido: 2 de febrero de 2014

Dictaminado: 19 de agosto de 2014

Segunda versión: 9 de diciembre de 2014

Aceptado: 8 de enero de 2015