



V Simposio Internacional de la
Historia de la Electrificación

*La electricidad y la
transformación de la vida urbana
y social*

Évora, 6-11 de mayo de 2019

INCIDENCIA NEGATIVA EN LA FORMACIÓN DE LOS INGENIEROS ELECTRICISTAS MEXICANOS EN EL SIGLO XIX POR PARTE DEL SECTOR INDUSTRIAL ELÉCTRICO EMINENTEMENTE EXTRANJERO

María de la Paz Ramos Lara

Centro de Investigaciones Interdisciplinarias en Ciencias y Humanidades
Universidad Nacional Autónoma de México
ramoslm@unam.mx

El auge que mantuvo la industria eléctrica en el mundo, en el último tercio del siglo XIX, propició el surgimiento de especialistas en el empleo, aplicaciones e investigaciones sobre la electricidad y el magnetismo, como la de Ingeniero Electricista. México no fue la excepción y se incorporó de manera temprana en este proceso, tanto en la introducción de la industria eléctrica para mejorar las condiciones del sector productivo (minero, textil y de papel, entre otros) y ofrecer el servicio de suministro de energía eléctrica a ciudades aledañas; como en la creación de la primera carrera de Ingeniero Electricista (iniciada en 1883 bajo la denominación de Telegrafista) en la Escuela Nacional de Ingenieros (ENI).

En la República Mexicana, las autoridades, los empresarios y los ingenieros mexicanos prestaban especial atención a las novedades que se exhibían en las ferias internacionales en torno a las aplicaciones de la electricidad y a las innovaciones tecnológicas que se estaban incorporando en las plantas hidroeléctricas y en otras esferas, porque les interesaba modernizar sus empresas, o contratar los servicios de algunas extranjeras o, bien, materializar deseos particulares. Un ejemplo que fue crucial para el desarrollo de la industria eléctrica en esta nación fue el anhelo del mandatario de la República Mexicana, Porfirio Díaz, de conmemorar el centenario de la Independencia (1910) posicionando a la capital en la categoría internacional de “Ciudad Luz”. En las últimas décadas del siglo XIX, se sabía —por estudios que habían realizado algunos ingenieros mexicanos— que en México había regiones con los recursos hidráulicos adecuados para lograrlo, pero se localizaban a una distancia cercana a los 278 kilómetros, y la tecnología de vanguardia en esos años era incapaz de transmitir energía en trayectos tan largos¹.

¹ La primera gran planta hidroeléctrica que transmitió energía a grandes distancias fue la canadiense Edward Dean Adams Power Plant, la cual inició sus operaciones en 1895 en Niagara Falls. Esta planta fue visitada por

Otro obstáculo que impedía la industrialización del país en esas dimensiones eran los recursos económicos, ya que ese tipo de obras requerían de cuantiosas inversiones que el gobierno mexicano y los propietarios de compañías nacionales eran incapaces de financiar. Así que se optó por contratar los servicios de compañías transnacionales, con una sólida estructura financiera, estilo *holding*, cuyas carteras accionarias compartidas, les garantizaba los recursos requeridos por elevados que fueran². Con el paso de los años, y a principios del siglo XX, las compañías mexicanas fueron absorbidas por los grandes consorcios y las fuentes de trabajo empezaron a escasear para los ingenieros mexicanos de cualquier especialización relacionada con la industria, ocasionando que los jóvenes mexicanos dejaran de interesarse por los estudios profesionales asociados a ese sector, como sucedió con la carrera de Ingeniero Electricista.

El trabajo se encuentra dividido en dos secciones. La primera alude a los inicios de la enseñanza científico técnica en México que tuvo lugar en las postrimerías del siglo XVIII y, la segunda, se centra en el surgimiento de los estudios de Ingeniero Electricista en la escuela de ingeniería más grande y sólida del país, y los problemas que empezó a observar con el paso de los años. Al final, se anexa el primer programa de estudios de esa carrera que da cuenta de los contenidos académicos con respecto a los intereses empresariales.

Inicios de la enseñanza científico técnica en México

En México, la enseñanza científico-técnica tuvo sus orígenes en 1792 con la fundación del Real Seminario de Minería, propuesto y planeado por el astrónomo y matemático novohispano Joaquín Velázquez Cárdenas de León (1732-1786), y fundado por el mineralogista español Fausto Delhuyar (1755-1833). Esta Escuela de Minas se colocó entre las ocho más sobresalientes del mundo y fue la primera en funcionar exitosamente en el continente americano. En sus inicios, fue financiada por uno de los gremios más vigorosos en Nueva España, el de los mineros, el cual había logrado su legitimación ante las autoridades metropolitanas a través de la creación del Real Tribunal de Minería en 1777. Llama la atención el hecho de que, a fines del siglo XVIII, el territorio novohispano destacaba a nivel mundial como líder en la producción de plata³.

En esos años, el Real Tribunal de Minería inició la construcción de un portentoso palacio para dejar de arrendar un antiguo inmueble novohispano e instalar dicha institución académica en el “edificio soberbio”⁴ que hoy conocemos como Palacio de Minería. Para su fortuna, la obra negra se encontraba prácticamente terminada cuando inició la guerra de Independencia, movimiento armado que dañó la minería considerablemente y afectó sobremanera la economía del país y, por ende, el presupuesto del mismo colegio.

Poco tiempo después de que México se liberó del dominio español (en 1821), el ahora denominado Colegio Nacional de Minería pasó a depender del Estado y, a pesar de la crisis económica del país, se mantuvo como la institución de enseñanza científico-técnica más importante de la nación, donde sobresalían los estudios relacionados con la minería (como ingeniero de minas, ensayador, apartador, agrimensor), cuya base científica se sustentaba en

algunos mexicanos, de ahí que el presidente Díaz otorgara el contrato más importante de generación de energía a una compañía canadiense (encabezada por ingeniero estadounidense Frederick Stark Pearson) en los primeros años del siglo XX, como se verá al final de este ensayo.

² Bartolomé 2007.

³ Ramos-Lara 2013.

⁴ Calificativo que usara Humboldt durante su visita a Nueva España.

campos como la física, la química, las matemáticas, la geología, la metalurgia y la mineralogía, entre otras.

Este colegio fue fundamental en la creación de otras instituciones educativas con formación científica durante el siglo XIX, como la Escuela Nacional de Agricultura y Veterinaria (1853), la Escuela Nacional de Artes y Oficios (1856), la Escuela Nacional Preparatoria (1867) y la Escuela Nacional de Altos Estudios (1910), por mencionar algunas que operaban en la capital del país, pues además fue un modelo a seguir por otros establecimientos creados en el interior de la República Mexicana que ofrecían estudios de ingeniería⁵.

Con el paso de los siglos, su influencia fue decisiva en el desarrollo de la ciencia en México, por ello, José Joaquín Izquierdo la bautizó como la Primera Casa de las Ciencias en México⁶. Este médico e historiador de la ciencia mostró el papel fundamental que jugó en la creación de las primeras instituciones científicas como el Instituto Geológico Nacional (actualmente Instituto de Geología de la UNAM) y el Observatorio Astronómico Nacional (hoy perteneciente al Instituto de Astronomía de la UNAM) durante el siglo XIX, y durante el siguiente lo fue de instituciones hoy consolidadas en la UNAM, como la Facultad de Ciencias (1938), la Facultad de Ingeniería, el Instituto de Geografía (1943), el Instituto de Física (1938), el Instituto de Geofísica (1949), el Instituto de Matemáticas (1942) y el Instituto de Química (1941), entre otros. A su vez, estos organismos han sido fundamentales en los inicios y desarrollo de instituciones tanto científicas como educativas en otros estados de la República Mexicana.

A partir de esta información deseo mostrar que la institución de educación científico-técnica superior capaz de atender las necesidades industriales y de modernización de México era precisamente la ENI, cuyas profesiones tenían el nivel más alto del país y cubrían los perfiles requeridos de cualquier contexto laboral. Sin embargo, se enfrentaron al desamparo jurídico por parte de las autoridades mexicanas, a su vez, aliadas a las empresas foráneas, las cuales operaban libremente, incluso en la contratación de personal calificado.

Creación de los estudios de Ingeniero Electricista en la Escuela Nacional de Ingenieros (ENI)

En el siglo XIX, las guerras internas y las invasiones extranjeras afectaron el sector educativo. Instituciones de larga tradición, como la Real y Pontificia Universidad de México, fueron clausuradas; mientras que otras sólo fueron transformadas. El ahora denominado Colegio de Minería sólo sufrió cambios, de ahí sus variaciones en su nombre a Tercer Establecimiento de Ciencias Físicas y Matemáticas (1833), Instituto de Ciencias Naturales (1843), Escuela Imperial de Minas (1863), Escuela Politécnica (1864), hasta que en 1867 fue transformado en Escuela Especial de Ingenieros.

El tránsito de Escuela de Minas a Escuela de Ingeniería abrió el espectro a otras especialidades de ingeniería, como la ingeniería civil y la ingeniería mecánica, además de los relacionados con la minería como la ingeniería de minas, entre otras. Su participación en la modernización del país fue fundamental, por lo cual, con relativa frecuencia se actualizaban los programas de sus

⁵ Ramos-Lara 2007.

⁶ Izquierdo 1967.

materias y se compraban aparatos y equipo para modernizar los laboratorios, además de adquirir libros y revistas de reciente publicación para la biblioteca.

Un cambio importante tuvo lugar en 1883, cuando la institución fue transformada en Escuela Nacional de Ingenieros (ENI) a través de la promulgación de la Ley de Instrucción Pública. En consecuencia, los planes de estudios de las carreras se fortalecieron considerablemente y se crearon nuevos, entre ellos, surgió el de Telegrafista, además del Ingeniero Industrial. La demanda de los telegrafistas inició en 1851 con la inauguración de la primera línea telegráfica que comunicó a la capital con Nopalucan, Puebla⁷. Para esos años ya existían instituciones que formaban técnicos en telegrafía, sin embargo, ahora se pretendía ofrecer una formación más científica y técnica.

Así, en 1889, la ENI convirtió los estudios de Telegrafista en Ingeniero Electricista, con la intención de atender las demandas del sector eléctrico, el cual se expandía aceleradamente con la modernización de los servicios de comunicación (telegrafía y telefonía), servicio doméstico e industrial (utilización de motores eléctricos para facilitar las actividades que requerían de fuerza motriz), iluminación (urbana y en fábricas y talleres) y transporte terrestre (como los tranvías eléctricos). Los cursos de electricidad de esta carrera fueron de tal relevancia que se consideraron obligatorios para los ingenieros de minas, ingenieros civiles e ingenieros industriales⁸.

En ese año, 1889, el plan de estudios del Ingeniero Electricista tenía una duración de dos años. El primero consistía de un curso de Matemáticas Superiores y Primer Año de Electricidad, donde se veían temas como elementos de electricidad y magnetismo, generadores eléctricos, electrometría, telegrafía, trazo y construcción de líneas terrestres y submarinas, transmisión de señales, relojería eléctrica, aplicaciones eléctricas a los caminos de fierro, pararrayos, galvanoplastia. En el segundo cursaban Meteorología y Segundo Año de Electricidad, en el cual se estudiaba el alumbrado eléctrico, distribución de la electricidad, motores eléctricos, tracción eléctrica, transporte eléctrico de la fuerza a distancia, electrometalurgia y aplicaciones eléctricas a diversas industrias. Finalmente, tenían que realizar prácticas y escribir un trabajo para obtener el título correspondiente⁹.

En las postrimerías del siglo XIX, la ENI contaba con siete carreras, como se muestra en el cuadro 1, un avance significativo si lo comparamos con los inicios cuando sólo tenía la de Perito Facultativo de Minas, más tarde denominado Ingeniero de Minas. Conviene mencionar que en 1897 se publicó la Ley de Enseñanza Profesional de la Escuela Nacional de Ingenieros, mediante la cual se actualizaron nuevamente los planes de estudios. A pesar de la importancia de la electricidad en la formación de los ingenieros, la carrera continuó con dos años de duración, en tanto que los estudios de Ingeniero de Minas requerían de cinco años de estudios¹⁰.

⁷ Noyola 2004.

⁸ Para la creación de la carrera de Ingeniero Electricista se elaboraron dos proyectos, uno en 1888 y el otro en 1891, los cuales se resumen al final de este trabajo. Ramos-Lara 1996, p. 207-209.

⁹ Ramos-Lara 1996, p. 190.

¹⁰ Ramos-Lara 2013, p. 102.

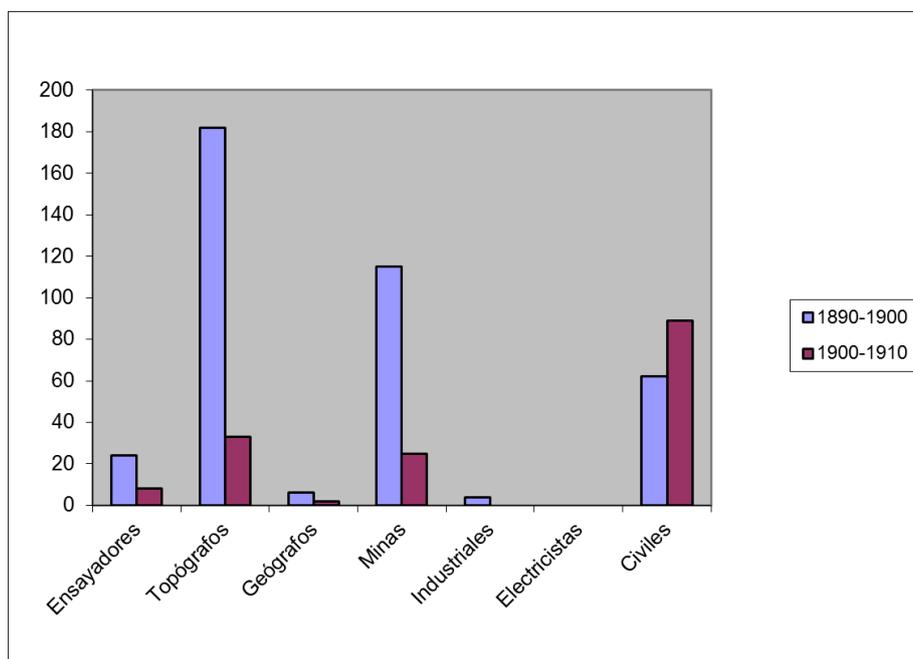
Cuadro 1. Estudios en la Escuela Nacional de Ingenieros en 1897

Ingeniero de Minas y Metalurgista (5 años)
Ingeniero Industrial (4 años)
Ingeniero Civil (4 años)
Ingeniero Geógrafo (3 años)
<i>Electricista (2 años)</i>
Topógrafo e Hidrógrafo (2 años)
Ensayador y Apartador de Metales (1 año)

Fuente: Ramos-Lara 2013, p. 102

Sin lugar a dudas, la reforma educativa de 1883 produjo cambios positivos significativos visibles en 1897. Además de recibir un aumento en su presupuesto, se fortalecieron todos los estudios y se motivó a los estudiantes a concluirlos en el tiempo establecido, de tal manera que el número de estudiantes graduados aumentó en prácticamente todas las carreras, al igual que la matrícula. De hecho, los únicos cuatro telegrafistas graduados durante el siglo XIX lo hicieron en este periodo. No obstante, fueron años de gran auge y crecimiento para la institución, en los últimos años del siglo XIX y en los primeros del siglo siguiente, la escuela sufrió una crisis inesperada que afectó todos los estudios, excepto en la carrera de mayor demanda y solidez, la Ingeniería Civil, como se muestra en la figura 1.

Figura 1. Comparación del número de alumnos graduados en la ENI entre dos décadas: 1890-1900, 1900-1910

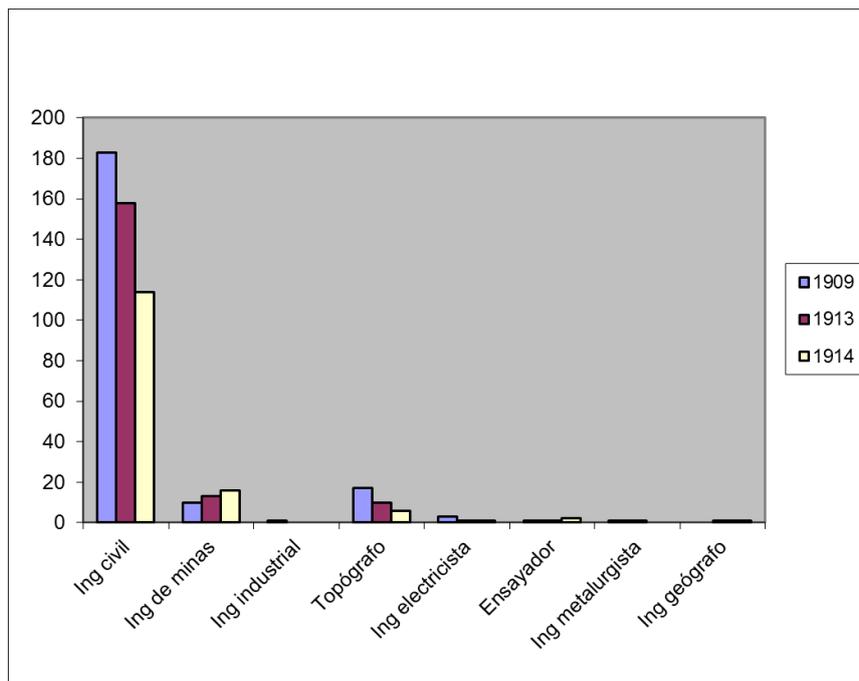


Fuente: Ramos-Lara 2013, p. 151.

La figura 1 muestra la crisis que sufría la profesión de Ingeniero Electricista, a diferencia del Ingeniero Civil, la única en resistir los embates del contexto económico y continuar su crecimiento. Conviene mencionar que los estudios de ingeniería civil iniciaron en la Academia de San Carlos (primera escuela de arte en el continente americano fundada en 1781), y fueron trasladados a la ENI en 1867, cuando se transformó en escuela de ingenieros y dejó de ser exclusivamente una institución dedicada a la formación de los mineros. En realidad fueron

estudios que iniciaron su desarrollo en una nueva escuela y lo hicieron con gran ímpetu. Sobre este aspecto, conviene reflexionar que en la ENI, para 1897, la Ingeniería Eléctrica tenía tan solo 14 años de antigüedad y 30 años la Ingeniería Civil¹¹, en tanto que la de Ingeniero de Minas alcanzaba los 105 años, hecho por el cual deberíamos esperar una mayor consolidación, sin embargo, se observa lo contrario. Ante esta adversa situación y el inicio de la Revolución mexicana en 1910, la pregunta inmediata es ¿cómo repercutió este movimiento armado en la ENI? La respuesta se encuentra en la figura 2.

Figura 2. Matrícula en la ENI, años 1909, 1913, 1914



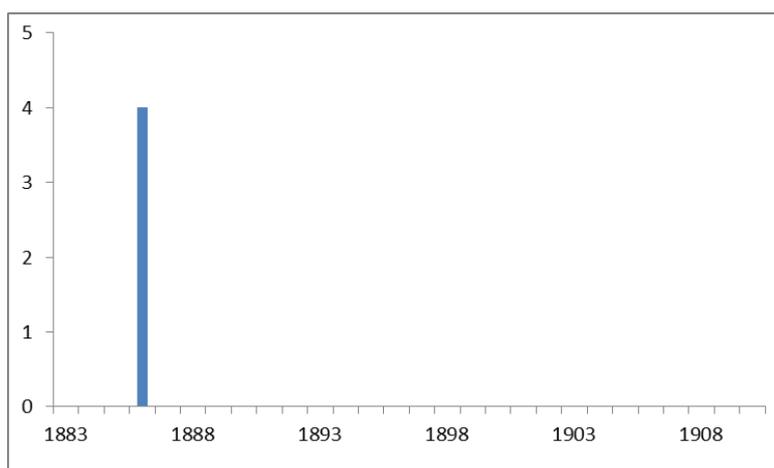
Fuente: Ramos-Lara 2013, p. 152.

Si en la primera década del siglo XX, la ENI sufrió una crisis académica en un periodo de estabilidad social y crecimiento económico era de esperarse que la situación empeoraría con el inicio de la guerra. Aunque los estudios de Ingeniería Civil se habían colocado como los de mayor demanda de la institución con un excelente plan curricular, también se vieron afectados, sólo que en menor grado que el resto. Su estabilidad y alto nivel académico la llevó a convertirse en la carrera más importante y de mayor prestigio a nivel nacional durante buena parte del siglo XX. Esto explica por qué los ingenieros civiles se convirtieron en pioneros de muchas actividades, desde los creadores de instituciones públicas asociadas al sector industrial (como el eléctrico y el petrolero) hasta la creación de carreras y organismos científicos (especialmente en los campos de física y matemáticas).

Pero ¿qué sucedía con el Ingeniero Electricista? En la figura 3 se puede observar que en pleno auge de la ENI, en 1886, sólo se graduaron cuatro estudiantes, como se mencionó anteriormente.

¹¹ En la ENI y aproximadamente 40 si consideramos su trayectoria en la Escuela Nacional de Bellas Artes.

Figura 3. Número de alumnos graduados en Ingeniería Electricista hasta 1910



Fuente: Ramos-Lara 2013, p. 148

Los cuatro alumnos se graduaron cuando la carrera aún se denominaba Telegrafista, y sus objetivos se limitaban a participar en el tendido de líneas telegráficas y telefónicas. En realidad nadie se graduó como ingeniero electricista durante el siglo XIX e, incluso, tampoco en las dos primeras décadas del siglo siguiente. Esta situación podría considerarse discordante a la luz del gran incremento de plantas eléctricas que se empezaron a instalar en México desde 1879, como se muestra en el cuadro 2.

Cuadro 2. Plantas eléctricas instaladas en México entre 1879 y 1939

Años	Total de plantas	Plantas para servicio público	Plantas para servicios privado y mixto
1879	1	-	1
1889	60	14	46
1899	235	58	177
1926	388	273	115
1929	727	378	349
1936	1157	561	596
1939	1266	598	668

Fuente: Ortega Mata 1962, p. 431.

¿Qué sucedía en el país que con 235 plantas eléctricas instaladas en 1899 no había interés por parte de los jóvenes mexicanos por estudiar una carrera que en otros países estaba en pleno auge? Tan atractivos eran dichos estudios en otros países que algunos de los estudiantes mexicanos que tuvieron la oportunidad de estudiar ingeniería en el extranjero eligieron la de Ingeniero Electricista.

Sin lugar a dudas, el problema no radicaba en la calidad de los estudios de la ENI y en la falta de un mayor énfasis en la parte práctica respecto a la teórica, como se justificaba injustamente en aquellos años, sino en la demanda para los profesionales formados en el país. Esta situación se debía a que las compañías dedicadas a la generación de energía eléctrica eran en su mayoría

extranjeras y, generalmente, entre sus políticas laborales de contratación se daba preferencia a ingenieros extranjeros¹².

Elio Martínez Miranda realizó un estudio cuidadoso del primer monopolio de la industria eléctrica en México, *The Mexican Light and Power Company, Limited*, creada en Canadá en 1902, y encontró entre sus empleados jubilados solamente a un ingeniero mexicano, Federico Trigueros Glennie, quien había realizado estudios de Ingeniero Topógrafo en la ENI, así como los de Arquitecto en la Escuela Nacional de Bellas Artes o Academia de San Carlos¹³. Como vemos, no eligieron a un experto mexicano de la industria eléctrica, ni obtuvo un cargo importante ni de nivel directivo¹⁴.

Rehinhard Liehr y Mariano Bautista señalan a la Mexican Light and Power Company, Limited como la empresa multinacional más importante en la capital y en el centro de México. Expresan que la producción de energía eléctrica a gran escala en esta nación fue posible a través de empresas como ésta, predominando el capital canadiense y luego el europeo y estadounidense¹⁵. Como consecuencia, las decenas de empresas tanto privadas como de capital nacional que se habían instalado en México, desde fines del siglo XIX, para explotar los recursos hidráulicos del país¹⁶ no pudieron competir con estos magnos consorcios. Ni los profesionales mexicanos pudieron aspirar a puestos directivos y, a veces, ni técnicos. Cristóbal Lara estima que entre 1935 y 1945 los mexicanos ocupaban el 3% de los puestos de dirección, 27% eran empleados y 70% obreros¹⁷.

En realidad, los ingenieros mexicanos especializados en el sector industrial no tuvieron forma de insertarse en el campo laboral, y no sólo sucedió en la industria eléctrica, también se observó en la ferroviaria y en la farmacéutica, por mencionar algunas. La estructura económica del país, en ese momento, no era la adecuada para ofrecer a los profesionales mexicanos de la industria (incluyendo la eléctrica) un escenario laboral mínimamente satisfactorio.

Conclusiones

La decisión del presidente Porfirio Díaz de introducir y fomentar la industria eléctrica en México con inversionistas principalmente extranjeros y la falta de medidas gubernamentales que exigieran a estos empresarios el contratar ingenieros mexicanos condujo a una total ausencia de demanda laboral para los ingenieros electricistas mexicanos, hecho que propició la casi desaparición de estos estudios a principios del siglo XX. Su situación cambió cuando Díaz

¹² El problema de la falta de contratación de ingenieros mexicanos por parte de las compañías extranjeras también se observó en las carreras asociadas a la minería, se puede ver en Bazant 1995.

¹³ Martínez 2004.

¹⁴ Desde mediados del siglo XIX, ingenieros mexicanos habían reportado al gobierno mexicano la existencia de las cascadas del río Necaxa, cuya potencia podría generar una importante cantidad de energía eléctrica. Con el interés de aprovechar estos recursos, el gobierno mexicano le otorgó el primer proyecto a la compañía francesa Societé du Necaxa (Mexique), a la cual le fue imposible avanzar en el proyecto propuesto, por lo cual se le otorgó, años más tarde, al ingeniero estadounidense Frederick Stark Pearson, quien fundó la empresa canadiense *The Mexican Light and Power Company, Limited*. Martínez y Ramos-Lara 2006, p. 50-62.

¹⁵ Liehr y Bautista 2010.

¹⁶ Galarza 1941.

¹⁷ Lara 1953.

fue destituido y, al término de la guerra, el gobierno revolucionario promovió la creación de instituciones mexicanas dedicadas a promover el sector eléctrico¹⁸.

Anexo. Proyectos de creación de la carrera de Ingeniero Electricista en 1888 y 1891

Para la creación de la carrera de Ingeniero Electricista se elaboraron dos proyectos: uno en 1888 y el otro en 1891. El primero de éstos fue presentado a la Dirección de la Escuela Nacional de Ingenieros por el profesor del curso de Telegrafía General, Mariano Villamil. El escrito iniciaba mencionando la importancia de la electricidad en la industria. Se ponía énfasis en que era una ciencia que se cultivaba con esmero en los EE. UU. y en Europa por sus contribuciones al desarrollo científico e industrial. En cambio, sobre su introducción a México se decía que se podría aprovechar como “un agente adecuado para explotar sus riquezas”. En el documento presentado se destaca la aplicación de la electricidad en:

a) Las minas, para accionar las perforadoras y explosivos, el acarreo de metales, desagüe, ventilación, etc. Por esta razón se consideraba conveniente que se incorporara la clase de Electricidad a los planes de estudios de las carreras de Ingeniero de Minas, Ingeniero Civil e Ingeniero Industrial.

b) Los tranvías y ferrocarriles eléctricos, el sistema de “téléfèrènge”, la comunicación telegráfica y telefónica de los trenes en movimiento, cambios de vías, medios de aviso y de seguridad, alumbrado de estaciones, túneles y trenes, establecimiento de pararrayos, etc. Estas aplicaciones son de especial interés del ingeniero civil.

c) La Electrometalurgia, el transporte y distribución de la fuerza, el alumbrado utilizado en las fábricas y talleres así como los procedimientos electrolíticos que se usaban en la fabricación de colores, tintorería, desinfección y rectificación de alcoholes, etc. Estas aplicaciones eran del interés del ingeniero industrial.

d) El aprovechamiento de la fuerza de las caídas de agua y las corrientes del viento. Se pensaba que con esto se podría resolver el problema de la escasez de combustible en el país.

e) El alumbrado eléctrico, pues disminuirían los costos del alumbrado producido por quema de gas¹⁹.

Como todas estas aplicaciones eran del interés del ingeniero, era necesario crear una nueva profesión que pudiera abarcar todos los ramos de la ciencia eléctrica, desde la teoría y construcción de los aparatos hasta su aplicación a cualquier industria. Dicha profesión se conocía en Europa como Ingeniero Electricista. En México sustituiría a la carrera de Telegrafista, por ser más general y por quedar aquella totalmente contenida en ésta. Se consideraba conveniente que otras carreras cursaran las clases de electricidad, como las de Ingeniero Industrial, Ingeniero Civil e Ingeniero en Minas. Los ingenieros electricistas

¹⁸ En relación al cambio que sufrieron los estudios de Ingeniero Electricista desde el Porfiriato y al término de la Revolución mexicana, ver Díaz y Saldaña 2005.

¹⁹ Archivo del Instituto de Investigaciones Sobre la Universidad y la Educación (IISUE) de la UNAM, Fondo Escuela Nacional de Ingenieros (ENI), Dirección, Correspondencia, caja 2, exp. 25, fo. 151-158.

trabajarían en la fabricación de máquinas y aparatos eléctricos adecuados a sus diversos usos; en la formación y cálculo de proyectos para las aplicaciones industriales por medios eléctricos; en la ejecución de esas mismas instalaciones; en la rectificación de aparatos especialmente los que se utilizan en la medida del gasto de energía eléctrica del alumbrado público; además trazaría y construiría las líneas telegráficas y telefónicas; en el establecimiento de relojes eléctricos, pararrayos, advertidores; en la galvanoplastia aplicada a la “electrotipia y electrograbado”; y en todas las reproducciones artísticas, plateado, dorado, niquelado, etc.

El plan de estudios estaba diseñado de la siguiente manera:

i) *Estudios preparatorios*: que eran los mismos que llevaban las demás carreras, con excepción de cursos Alemán, Lógica e Historia Natural.

ii) *Estudios profesionales*: consistían de dos años, distribuidos de la siguiente manera:

1er año. Nociones generales de electricidad y magnetismo, estudiando los principios de electrometría, telegrafía y telefonía, trazo, construcción y explotación de líneas terrestres y submarinas, aplicaciones de la electricidad a los ferrocarriles y matemáticas superiores.

2do. año. Aplicaciones industriales de la electricidad al alumbrado, al transporte y distribución de la fuerza galvanoplástica, a la electrometalurgia y todas las demás ramas de la ingeniería y la industria, meteorología e hidrografía.

Cada año se tenía la obligación de realizar prácticas conforme al reglamento especial.

Se sugería que los cursos de 1o y 2o Año de Electricidad fueran obligatorios para los alumnos de las carreras de Ingeniería Industrial, de Ingeniería de Caminos, Puertos y Canales, y de Ingeniería de Minas y Metalurgista. Los últimos sólo presentarían un examen y asistirían a la práctica²⁰.

El segundo proyecto fue presentado el 22 de enero de 1891 por Mariano Villamil y Alberto Best a Leandro Fernández, director de la Escuela de Ingenieros. Este consistía de cinco artículos:

Artículo 1. Materias que los estudiantes debían cursar:

a) *Estudios preparatorios*. Los mismos que para las demás carreras de ingeniería, con excepción de cursos como Alemán, Lógica, Historia General, Cosmografía e Historia Natural.

b) *Estudios profesionales*. Primer año: matemáticas superiores, primer año de electricidad y magnetismo, generadores eléctricos, electrometría, telegrafía, telefonía, trazo y construcción de líneas terrestres y submarinas, transmisión de señales, relojería eléctrica, aplicaciones eléctricas a los caminos de fierro, pararrayos y galvanoplastia. Segundo año: meteorología, segundo curso de electricidad (alumbrado eléctrico, distribución de la electricidad, motores eléctricos, tracción eléctrica, transporte eléctrico de la fuerza a distancia, electrometalurgia, aplicaciones eléctricas a diversas industrias

²⁰ *Idem.*

Artículo 2. Al término de los cursos, los alumnos realizarían las prácticas de esas materias bajo la dirección de sus respectivos profesores visitando las instalaciones que hubiese en el país y aún fuera de él en caso de ser posible.

Artículo 3. El título se otorgaría conforme a lo previsto para las demás carreras de ingeniería.

Artículo 4. Las materias obligatorias para las demás carreras de ingeniería se efectuarían de la siguiente manera: a) Para el ingeniero de minas: telefonía, pararrayos, alumbrado aplicado a las minas, transporte de fuerza, electrometalurgia y explosores eléctricos. b) Para el ingeniero de caminos puertos y canales: aplicaciones eléctricas a los caminos de fierro, tracción eléctrica y pararrayos. c) Para el ingeniero industrial: telefonía, alumbrado eléctrico, transporte de fuerza, aplicaciones industriales diversas. d) Para el ensayador: análisis electrolíticos.

Artículo 5. Dichas materias serían estudiadas en los cursos generales de electricidad siendo solamente obligatoria la asistencia a las clases cuando se tratara de las materias respectivas que serían el objeto del correspondiente examen²¹.

Bibliografía

BARTOLOMÉ, Isabel. La industria eléctrica en España (1890-1936). Estudios de Historia Económica, n° 50. Madrid: Banco de España, 2007.

BAZANT, Mílada. La enseñanza y la práctica de la ingeniería durante el Porfiriato. En *La educación en la Historia de México*. México: El Colegio de México, 1995, p. 167-210.

DÍAZ Molina, Libertad y SALDAÑA, Juan José. Contra la corriente. La institucionalización de la enseñanza de la ingeniería eléctrica en México, 1889-1930. *La casa de Salomón en México. Estudios sobre la institucionalización de la docencia y la investigación científicas*. México: Universidad Nacional Autónoma de México, 2005, p. 153-184.

GALARZA, E. *La industria eléctrica en México*. México: Fondo de Cultura Económica, 1941.

IZQUIERDO, José Joaquín. *La primera casa de las ciencias en México. El Real Seminario de Minería (1792-1811)*. México: Ediciones Ciencia, 1967.

LARA, Cristóbal. *La industria de energía eléctrica*. México: Fondo de Cultura Económica, 1953.

LIEHR, Reinhard, BAUTISTA, Mariano. Las compañías eléctricas extranjeras y la modernización urbana e industrial de México, 1880-1960. *Compañías eléctricas extranjeras en México (1880-1960)*. Puebla: Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, 2010.

MARTÍNEZ Miranda, Elio. *La introducción de la energía eléctrica en México*. México: Tesis de licenciatura de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Autónoma de México, 2004.

²¹ IISUE, ENI, Dirección, Correspondencia, caja 3, exp. 34, fo. 289-290.

MARTÍNEZ Miranda, Elio y RAMOS-LARA, María de la Paz. Funciones de los ingenieros inspectores al comienzo de las obras del complejo hidroeléctrico de Necaxa. Revista *Historia Mexicana*, vol. LVI, n° 1, julio-septiembre 2006 (221), p. 231-286.

NAHM, G. Las inversiones extranjeras y la transformación de tecnología entre Europa y América Latina: el ejemplo de las grandes compañías eléctricas alemanas en Argentina”. *Scripta Nova, Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales*. Universidad de Barcelona, n° 1, 1 de marzo de 1997 <www.ub.edu/geocrit/sn-1.htm>.

NOYOLA, Leopoldo. *La raza de la hebra. Historia del telégrafo Morse en México*. Puebla: Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, 2004.

ORTEGA MATA, Rolfo. La electricidad hasta su nacionalización. En *El Economista Mexicano*, vol. II, No. 4, México: Colegio Nacional de Economistas, A. C., 1962.

RAMOS-LARA, María de la Paz. *Historia de la física en México en el siglo XIX. Los casos del Colegio de Minería y la Escuela Nacional de Ingenieros*. México: Tesis doctoral UNAM, 1996.

RAMOS-LARA, María de la Paz. El Colegio de Minería, la Escuela Nacional de Ingenieros y su proyección en otras instituciones educativas de la ciudad de México (Siglo XIX). En *Formación de ingenieros en el México del Siglo XIX*, 2007. México: Universidad Nacional Autónoma de México y Universidad Autónoma de Sinaloa, p. 21-45.

RAMOS-LARA, María de la Paz. *Vicisitudes de la ingeniería en México (siglo XIX)*. México: Universidad Nacional Autónoma de México, 2013.