

El Instituto de Ingenieros y la enseñanza de la física en la reforma del plan de estudio de la Escuela de Ingeniería de la Universidad de Chile (1917-1922)

Palabras clave

Física, Instituto de Ingenieros, Reforma y Escuela de Ingeniería.

Keywords

Physic, Institute of Engineers, Reform and Engineering School.

Historia del artículo

Recibido: 25 de enero de 2021

Aprobado: 25 de febrero de 2021.

Autor

Patricio Leyton Alvarado

Filiación institucional

Investigador independiente

Correo electrónico

leyton.patricio@gmail.com

Resumen

El Instituto de Ingenieros de Chile fue una organización gremial que defendió los intereses de los profesionales de la ingeniería a través de su revista Anales del Instituto de Ingenieros de Chile, la cual le permitió exponer sus ideas y opiniones ante la esfera pública. Una de las preocupaciones que tuvo esta institución fue la formación de sus futuros colegas en la Escuela de Ingeniería de la Universidad de Chile, publicando diversos artículos sobre esta temática en su revista institucional. Una de estas instancias fue la reforma al plan de estudios entre los años 1917 a 1922, en el que los miembros del Instituto de Ingenieros abogaron por una orientación ligada a la industria y los procesos productivos. Para lo cual, promovieron la física como uno de los saberes que les entregaría a los estudiantes de ingeniería las habilidades básicas para que pudieran desempeñarse laboralmente en el sector fabril, debido a que esta ciencia permitía aplicar lo teórico a la práctica mediante los trabajos en laboratorio.

Abstract

El Instituto de Ingenieros de Chile (Chile's Institute of Engineers) was a union organization that defended the interests of engineering professionals through its journal titled Anales del Instituto de Ingenieros de Chile (Annual Report of Chile's Institute of Engineers), which allowed the institute to present its ideas and opinions to the public sphere. One of this institution's concerns was the education of its future colleagues at Universidad de Chile's School of Engineering, publishing various articles on this topic in its journal. One of those articles discussed the curriculum reform between 1917 and 1922, in which members of the Institute of Engineers advocated for an orientation toward industry and productive processes. To do this, members promoted physics as one of the knowledge basis that would provide engineering students with the basic skills to be able to work in the manufacturing sector, as this science allowed the application of theory to practice through laboratory work.

SOBRE EL AUTOR

Patricio Leyton

Licenciado en Historia de la Pontificia Universidad Católica de Chile y Diplomado en Filosofía y Ciencias por la Universidad Alberto Hurtado. Ha sido investigador asociado al Museo Nacional de Odontología de la Universidad de Chile y ha realizado clases en esta misma universidad y en la Universidad Tecnológica Metropolitana.

INTRODUCCIÓN

A comienzos del siglo XX, la física estuvo marcada por los avances, tanto en el plano experimental como teórico. Para el caso de la física experimental, los progresos estuvieron representados por el descubrimiento de los rayos X, el electrón y la radioactividad. Mientras que, en el ámbito teórico, esta disciplina advirtió cambios en la forma de cómo se entendió la naturaleza, ya que, con la formulación de la Teoría de la Relatividad y la Mecánica Cuántica, se cuestionó el paradigma de la física newtoniana que prevaleció por más de dos siglos¹. Aparte de las innovaciones experimentales y teóricas ya mencionadas; en el área institucional, la física logró consolidarse profesionalmente gracias a que la enseñanza e investigación de esta ciencia, en los establecimientos de educación superior como las universidades, los institutos científicos y las escuelas politécnicas, pudieron contar con personal especializado y dedicado exclusivamente a esta disciplina. Esto provocó que la física se transformara en una rama del saber eminentemente académica en la que participaron físicos, ingenieros, expertos técnicos, profesores de secundaria y algunos aficionados². Hacia 1900, un 60% de estos científicos se dedicaban a las actividades académicas de enseñanza e investigación, mientras que el 40% restante se desempeñaban en las áreas de la industria y el gobierno³. Estas características en el campo de la física fueron gravitantes para la conformación de una comunidad internacional y para la circulación de este saber a nivel global⁴.

Particularmente en América Latina, a inicios del siglo XX la física no era una disciplina independiente, ya que era impartida por los departamentos de matemáticas de las universidades y estaba íntimamente ligada a esta ciencia formal. Además, los docentes universitarios dedicados a la física provenían de la carrera de ingeniería, quienes ya poseían una formación en ciencias exactas desde el período colonial y, que tradicionalmente se ocuparon de realizar investigación y docencia en esta disciplina⁵. En cuanto a Chile, la física a nivel de educación superior tuvo un rol complementario en la formación profesional de las carreras como ingeniería, pedagogía, arquitectura y medicina. El estudio de la física tuvo un desarrollo principalmente en la Universidad de Chile, tanto en la Escuela de Ingeniería como

¹ Helge Kragh, *Quantum Generation. A History of Physics in the Twentieth Century* (Princeton: Princeton University Press, 1999), 3-4. Estos avances en la física experimental y teórica de inicios del siglo XX, fueron discutidos por los académicos chilenos en la Escuela de Ingeniería de la Universidad de Chile y en el Instituto de Ingenieros. Véase en, Patricio Leyton, “La física en la Escuela de Ingeniería de la Universidad de Chile (1914-1922): Ingenieros, educación y ciencia”, en *Una aproximación al desarrollo de las ciencias en Chile: 1900-1950*, ed. Zenobio Saldivia (en prensa).

² Helge Kragh, *Quantum Generation*, 13.

³ John Heilbron, *Physics: A short History from Quintessence to Quarks* (Oxford: Oxford University Press, 2015), 151-152.

⁴ En cuanto a la formación de la comunidad científica internacional y la dificultad en la homologación de los métodos de investigación, véase en, Lorraine Daston, “La objetividad y la comunidad cósmica”, en *Teoría de la cultura: Un mapa de la cuestión*, eds. Gerhart Shöder y Helga Breuninger (Buenos Aires: Fondo de Cultura Económica, 2005), 131-156.

⁵ Thomas Glick, “Science and society in twentieth-century Latin America”, en *The Cambridge History of Latin America. Volumen VI*, ed. Leslie Bethell (New York: Cambridge University Press, 1994), 492.

en el Instituto Pedagógico. En esta última unidad académica, esta ciencia estuvo presente en las pedagogías de matemáticas y ciencias naturales, las que se vieron reforzadas con la traída de académicos alemanes. Cabe mencionar que en este período en las universidades chilenas no se formaban aún departamentos, institutos o facultades de física⁶.

La enseñanza de la física en la Escuela de Ingeniería de la Universidad de Chile comenzó a experimentar cambios con el nombramiento de su primer director en 1917, el ingeniero Manuel Trucco, a quien el rector de esta casa estudios, Domingo Amunátegui, le encargó la reforma del plan de estudios y la construcción del nuevo edificio, inaugurado en 1922⁷. En ese mismo año Trucco también se desempeñaba como presidente del Instituto de Ingenieros de Chile, creado en 1888 con el fin de representar los intereses gremiales de los ingenieros, ante los problemas de inserción laboral que sufrió esta profesión hacia fines del siglo XIX⁸. Esta asociación profesional tuvo un rol preponderante en la reforma curricular de la carrera de ingeniería, ya que sus miembros publicaron varios artículos en los *Anales del Instituto de Ingenieros*, con el propósito de darle a la carrera un enfoque más ligado a las necesidades productivas e industriales del país. Los cambios al plan de estudios solicitados por este Instituto también afectaron a los cursos de física, debido a que se les dio una orientación más práctica que teórica. El interés del Instituto de Ingenieros en modificar el currículum de la carrera de ingeniería de la Universidad de Chile, radicó en que sus representantes estuvieron ligados a esta institución educativa en su condición de académicos o de egresados, lo que los unió directamente con el devenir de esta carrera.

De este modo, proponemos que la física en la reforma del plan de estudio de la Escuela de Ingeniería de la Universidad de Chile, llevada a cabo entre los años 1917 a 1922, se caracterizó por proporcionar las bases elementales para que esta profesión adquiriera un cariz productivo a través de los trabajos en el laboratorio que debían realizar los estudiantes. Para lograr este cometido, fue necesario que el nuevo edificio contara con gabinetes e instrumental adecuado para la enseñanza de la física experimental, lo cual fue una de las demandas que efectuaron los miembros del Instituto de Ingenieros de Chile. Asimismo, el cambio del plan de estudios tuvo alcances transnacionales, puesto que los ingenieros

⁶ Eugenio Vogel, “Aspectos históricos del surgimiento y desarrollo de la física en Chile durante el siglo XX”, *Revista Mexicana de Física*, Vol. 48: N° 3 (2002): 2.

⁷ Carlos Sanhueza, Lorena Valderrama y Joan Cornejo, *La Escuela de Ingeniería de la Universidad de Chile. A 100 años del nombramiento de su primer Director* (Santiago: Maval, 2017), 21. En esos mismos años, la Escuela de Ingeniería tuvo sus primeras mujeres egresadas, las cuales paulatinamente se fueron incorporando a esta carrera. En este sentido, esta institución no solo tuvo cambios a nivel curricular, sino que también a nivel de género, siendo la primera titulada Justicia Espada Acuña en 1919. Para más información sobre las mujeres ingenieras y su relación con la ciencia, ver en María Isabel Orellana, *Sentimientos en busca de ciencia: Inicios de la educación científica femenina en Chile (1870-1930)* (Santiago: Museo de la Educación Gabriela Mistral, 2015), 166-167; Carlos Sanhueza, Lorena Valderrama y Joan Cornejo, *La Escuela de Ingeniería*, 27-28.

⁸ Jaime Parada, “La profesión de ingeniero y los *Anales del Instituto de Ingenieros de Chile*. 1840-1927”, en *Anales del Instituto de Ingenieros de Chile: Ingeniería y sociedad* (Santiago: Biblioteca Fundamentos de la Construcción de Chile, 2011), x.

chilenos utilizaron los modelos educativos universitarios estadounidenses y europeos para introducir las mejoras en la formación de los nuevos profesionales.

El rol que ocupó la física en las discusiones en torno a la reforma del plan de estudios de la carrera de ingeniería no ha sido abordado por la historiografía referida al desarrollo de esta ciencia en Chile⁹. Al respecto, cabe recordar que los estudios históricos que tratan sobre el desenvolvimiento de la ingeniería se han referido a esta reforma de manera parcial, debido a que no se ha profundizado a cabalidad las distintas aristas y discusiones que hubo tras su implementación. Y tan solo mencionan la creación de nuevas especialidades en ingeniería y la mayor duración de la carrera, sin considerar tampoco el rol de la física en el nuevo currículum¹⁰.

En cuanto a las fuentes analizaremos los artículos sobre la enseñanza de la ingeniería publicada en los *Anales del Instituto de Ingenieros de Chile* (en adelante *Anales*), los cuales representan la postura que sostuvo esta organización profesional sobre el rumbo que debía llevar esta carrera durante los años de discusión de la reforma. En este sentido, sus miembros expresaron su parecer a las autoridades políticas y universitarias sobre los cambios que debían realizarse en su profesión. Además, complementaremos estos testimonios con documentos provenientes de los archivos.

Para el análisis de las fuentes utilizaremos las propuestas metodológicas provenientes de la historia de la ciencia, particularmente de James Secord, quien considera la práctica científica como un acto comunicativo, vale decir, los científicos utilizan distintos medios (artículos, libros, revistas, prensa, entrevistas y conferencias) para expresar sus ideas ante sus pares o el público general¹¹. En este aspecto, los miembros del Instituto de Ingenieros utilizaron su revista para manifestar sus opiniones y propuestas ante la opinión pública con el fin de modificar el plan de estudios de la Escuela de Ingeniería y darles un rumbo más ligado a los procesos productivos. Así, los *Anales* se transformaron en el catalizador de los intereses educativos de los ingenieros chilenos que les permitió comunicar sus pareceres en la esfera pública. Asimismo, emplearemos las proposiciones de Lissa Roberts sobre la historia global de la ciencia, en la que señala que la circulación del saber científico depende de un proceso de negociación y adaptación en que los actores participan activamente en la producción del

⁹ Patricio Martens, "La física en Chile", en *Una visión de la comunidad científica nacional* (Santiago: Ediciones CPU, 1981), 25-53; Igor Saavedra, "Antecedentes acerca de la historia de la física en Chile", *Boletín de la Academia Chilena de la Historia*, Vol. 49: N° 93 (1982): 219-232; Vogel, "Aspectos históricos, 1-10; Claudio Gutiérrez y Flavio Gutiérrez, "Física: su trayectoria en Chile", *Historia*, N° 39 (2006): 477-496.

¹⁰ Gastón Held, *Apuntes para una historia de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile* (Santiago: Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile, 1989), 17; Sergio Villalobos (ed.), *Historia de la Ingeniería en Chile* (Santiago: Hachette, 1990), 279; Rolando Mellafe, Antonia Rebolledo y Mario Cárdenas, *Historia de la Universidad de Chile* (Santiago: Ediciones Universidad de Chile, 1992), 123; Jaime Parada, "La profesión de ingeniero, xliii; Carlos Sanhueza, Lorena Valderrama y Joan Cornejo, *La Escuela de Ingeniería*, 26. Sobre la historiografía de la ingeniería y las diversas temáticas que esta ha abordado, consultar en Andrea Flores, "Ingeniería e ingenieros en la historiografía chilena", *Historia* 396, Vol. 7: N° 2 (2017): 463.480.

¹¹ James Secord, "Science in transit", *Isis*, Vol. 95: N° 4 (2004): 654-672.

conocimiento y no son meros receptores pasivos¹². De esta forma, la ciencia se entiende como un diálogo entre lo global y el contexto local como ha sugerido Jürgen Renn, en el cual los saberes provenientes desde el extranjero son apropiados por la sociedad que entra en contacto con ellos¹³. Ante esta situación, los socios del Instituto de Ingenieros tuvieron como referente los modelos educativos de la ingeniería de Estados Unidos y de algunos países europeos, lo que les permitió tomar algunas de estas propuestas e implementarlas en Chile de acuerdo con su propia realidad, con el objetivo de modificar la formación de los ingenieros nacionales.

Por último, emplearemos el concepto de espacio del conocimiento o geografía de la ciencia, el cual consiste en situar y contextualizar la práctica científica en lugares e instituciones en que los saberes son socializados, discutidos y producidos por sus integrantes. Así, el conocimiento científico está determinado por los intereses y prerrogativas de los grupos sociales que componen estos espacios como ha sido sugerido por la historiografía¹⁴. De este modo, el Instituto de Ingenieros se constituyó en un lugar en que sus participantes manifestaron sus opiniones frente a la reforma curricular de la carrera de ingeniería, expresando sus puntos de vista a través de su revista institucional. Igualmente, los espacios del conocimiento no solo son estructuras físicas que albergan a personas en su interior, sino que también generan un sentido de pertenencia entre sus asociados¹⁵. En relación con esto, los miembros del Instituto de Ingenieros al ser egresados o académicos de la Escuela de Ingeniería estaban vinculados mediante su participación en ambas instituciones, identificándose con sus intereses.

LA FÍSICA EN LA FORMACIÓN DE LOS INGENIEROS A INICIOS DEL SIGLO XX

La física, en las primeras décadas del siglo XX en América Latina, estuvo influenciada por el positivismo y los paradigmas científicos provenientes desde Europa. Esta influencia se manifestó mayormente a través de la contratación de académicos provenientes de estas naciones para que enseñaran esta ciencia en instituciones de educación superior y centros de investigación¹⁶. En Chile, en tanto, la física, de acuerdo con Claudio Gutiérrez y Flavio Gutiérrez, abandonó paulatinamente su carácter utilitario y se convirtió en una disciplina más

¹² Lissa Roberts, "Situating Science in Global History: Local Exchanges and Networks of Circulation", *Itinerario*, Vol. 33: N° 1 (2009): 9-30.

¹³ Jürgen Renn, "From the History of Science to the History of Knowledge – and Back", *Centarus*, Vol. 57: N° 1 (2015): 37-53.

¹⁴ Adi Ophir y Steven Shapin, "The place of knowledge a methodological survey", *Science in context*, Vol. 4: N° 1 (1991): 3-21; Jan Golinski, *Making Natural Knowledge: Constructivism and the History of Science* (Cambridge: Cambridge University Press, 1998), 79-102; David Livingstone, *Putting Science in its place: Geographies and Scientific Knowledge* (Chicago: Chicago University Press, 2003), 1-16.

¹⁵ Peter Galison, "Buildings and the Subject of Science", en *The Architecture of Science*, eds. Peter Galison y Emily Thompson (Massachusetts: The MIT Press, 1999), 1-25.

¹⁶ Regis Cabral, "International politics and development of the exact science in Latin America", en *Science in Latin America. A history*, ed. Juan José Saldaña (Texas: University of Texas, 2006), 245.

teórica y de creación científica¹⁷. Pero también creemos que esta disciplina adquirió un carácter más experimental ligado a los procesos productivos y a la industria, como se verá más adelante. La enseñanza de este saber en el nivel académico, estuvo dirigida hacia la descripción, comprensión y manejo de artefactos e instrumentos en el laboratorio. Mientras que en la educación primaria hubo pocos profesores especializados, quedando las clases en manos de algún profesional con vocación docente o de algún aficionado con inclinaciones por la ciencia¹⁸.

Los cursos de física en la formación de los ingenieros en la Universidad de Chile estuvieron presentes en el plan de estudio desde su institucionalización en 1853, los cuales tuvieron un rol complementario en las distintas especialidades que impartió esta casa de estudios¹⁹. Para inicios del siglo XX la carrera de ingeniería estaba regida bajo el programa de 1897, que retomaba la influencia francesa establecida por Domeyko en 1853, reforzando la enseñanza teórica del plan común de los primeros dos años y que restringía la especialización temprana. Este plan de estudio enfatizaba en la formación científica de los estudiantes, dando prioridad a los cursos teóricos por sobre los prácticos²⁰. El carácter teórico de la enseñanza de la ingeniería en sus primeros años fue un aspecto que los miembros del Instituto de Ingenieros criticaron fuertemente a partir de 1917, ya que esta visión alejaba a estos profesionales del mundo laboral y de las condiciones económicas de Chile. La física, en este sentido, cobrará especial relevancia al ser uno de los ramos iniciales y que proporcionaba una base experimental y práctica a esta carrera.

El ramo de Física General²¹ fue impartido a comienzo del siglo XX por el ingeniero Luis Zegers²², quien cesaría sus actividades académicas en 1914²³, siendo reemplazado por el físico italiano Paolo Rossi ese mismo año²⁴. Rossi estuvo a cargo de la cátedra hasta 1916,

¹⁷ Claudio Gutiérrez y Flavio Gutiérrez, "Física: su trayectoria", 491.

¹⁸ Claudio Gutiérrez y Flavio Gutiérrez, "Física: su trayectoria", 487.

¹⁹ Sol Serrano, *Universidad y nación: Chile en el siglo XIX* (Santiago: Editorial Universitaria, 1994), 208-210; Claudio Gutiérrez y Michael Reynolds, "Institucionalización y profesionalización de la Ingeniería en Chile", *Quipu, Revista Latinoamericana de Historia de las Ciencias y la Tecnología*, Vol. 16: N° 1 (2014): 63-86.

²⁰ Sergio Villalobos, *Historia de la Ingeniería*, 278-279.

²¹ El curso de Física General contaba de dos partes y se impartía en los primeros semestres junto a las asignaturas de Geometría Analítica, Geometría Descriptiva, Cálculo Diferencial e Integral y Química General. Archivo Nacional Histórico (ANH), Fondo Universidad de Chile, Vol. 31, s/f.

²² Luis Zegers fue un destacado académico de la Escuela de Ingeniería de la Universidad de Chile, quien fue comisionado en 1875 a Francia para que estudiara física y el sistema educativo universitario. Además, compuso manuales para la enseñanza de la física y publicó estudios científicos en diversas áreas. Uno de los avances en física experimental que introdujo en el país fue la reproducción del experimento de los rayos X en conjunto con Arturo Salazar, quienes lograron replicar la experiencia de Wilhelm Roentgen en marzo de 1896. Véase en, Claudio Gutiérrez y Flavio Gutiérrez, "Física su trayectoria", 489-491; Patricio Leyton, "La recepción de los Rayos X en Santiago de Chile: Circulación y apropiación de la física experimental a fines del siglo XIX", *Revista Contenido*, N° 7 (2016): 96-113.

²³ Zegers sería llamado a jubilación por el Ministro de Instrucción Pública en octubre de 1914. Archivo Nacional de la Administración (ARNAD), Fondo Ministerio de Educación, Vol. 3231, s/f.

²⁴ ANH, Fondo Universidad de Chile, Vol. 31, s/f.

cuando fue llamado por el gobierno italiano para que sirviera en las filas de su ejército producto de la Gran Guerra. En su lugar asumió el ingeniero Gustavo Lira de forma interina²⁵. Lira llevaba algunos años como profesor de Hidráulica de la Escuela de Ingeniería y también era miembro del Instituto de Ingenieros, estando a cargo de la cátedra de Física General cuando se discutió la reforma al plan de estudios. Junto con este curso, el programa también contemplaba el ramo de Física Industrial y Electrotecnia a cargo del profesor Arturo Salazar²⁶, los cuales les brindaron a los estudiantes de la Escuela de Ingeniería una sólida formación en esta ciencia en el transcurso de su carrera. Además, el Laboratorio de Física General contaba con un completo equipamiento con instrumentos de medición, máquinas eléctricas y de calor, aparatos para ensayos, implementos de vidrio, entre otros, de los cuales algunos se encontraban en mal estado o en desuso²⁷. A consecuencia de esto, Paolo Rossi en 1917 había encargado desde Europa nuevos insumos e instrumental para mejorar las condiciones del gabinete de física y la enseñanza experimental de este curso²⁸.

En la Universidad Católica, en tanto, la carrera de ingeniería se impartió en la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas creada en 1889, aunque entró formalmente en funcionamiento en 1898. Desde 1894 se impartían los cursos de Ingeniería Civil, Agrimensura, Construcción y Arquitectura²⁹. Con la creación del curso de Ingeniería Civil se iniciaba la enseñanza de la ingeniería propiamente tal, teniendo sus dos primeros titulados en 1897³⁰. Los cursos de física se impartían desde los primeros años, teniendo un carácter de ramo complementario dentro del plan de estudios. Para lograr una mejor enseñanza de esta ciencia se crearon laboratorios y gabinetes para dotar a los estudiantes del material necesario para el aprendizaje de la física experimental³¹. El gabinete de física general se instaló en 1903, tras la compra de una nueva infraestructura traída desde Europa, encargada a la casa constructora parisina *Les Etablissements Puolene Frètes*. La adquisición consistió en modernos equipos para la enseñanza práctica de la física general e industrial, alcanzando la inversión a la suma de 30.000 pesos³². Para 1915 se reformaría el programa de estudios de Ingeniería Civil, dando mayor relevancia a “las ciencias aplicadas y las artes constructoras del ingeniero”³³, en el que la enseñanza de la física jugó un rol preponderante al proveer las bases aplicadas que se buscaba promover, gracias a las actividades en los “modernos

²⁵ ANH, Fondo Universidad de Chile, Vol. 34, f. 350.

²⁶ ANH, Fondo Universidad de Chile, Vol. 31, s/f.

²⁷ En 1915 se realizó un inventario completo sobre los implementos que poseía el Laboratorio de Física General, el que fue estimado con un valor de \$68874, 50. ANH, Fondo Universidad de Chile, Vol. 34, s/f.

²⁸ ARNAD, Fondo Ministerio de Educación, Vol. 3626, s/f.

²⁹ Ricardo Krebs, María Angélica Muñoz y Patricio Valdivieso, *Historia de la Pontificia Universidad Católica de Chile* (Santiago: Ediciones Universidad Católica de Chile, 1994), 136.

³⁰ Macarena Ponce de León, Francisca Rengifo y María José Vial, *Ayer y hoy. Escuela de Ingeniería Pontificia Universidad Católica de Chile* (Santiago: Ediciones Universidad Católica de Chile, 2002), 21.

³¹ Ricardo Krebs, María Angélica Muñoz y Patricio Valdivieso, *Historia de la Pontificia*, 141; Macarena Ponce de León, Francisca Rengifo y María José Vial, *Ayer y hoy*, 23.

³² Ricardo Krebs, María Angélica Muñoz y Patricio Valdivieso, *Historia de la Pontificia*, 142; Macarena Ponce de León, Francisca Rengifo y María José Vial, *Ayer y hoy*, 28.

³³ Enrique Alcalde, “El curso de Ingeniería Civil”, *Revista Universitaria*, Año 1: N° 2 (1915): 66.

laboratorios y el trabajo metódico en ellos son característicos valiosos del Curso de Ingeniería Civil”³⁴.

Por su parte, en la Universidad de Concepción, fundada en 1919, el curso de física se impartió como parte de la Escuela de Química Industrial, antecesora de la Facultad de Ingeniería, la cual fue una de las primeras unidades académicas que se creó en la universidad penquista desde su instauración. La Escuela de Química Industrial fue una de las más difíciles de instituir, ya que era una especialidad que no se impartía en Chile ni en Latinoamérica, necesitando de toda una compleja infraestructura para su funcionamiento³⁵. La física era parte del primer año de estudios de esta carrera, haciendo énfasis en los trabajos prácticos y de laboratorio³⁶. Hacia 1920 las instalaciones de la Escuela de Química Industrial fueron ampliadas, agregándose nuevas salas, un pabellón de trabajos prácticos para la Química Analítica y se habilitó un laboratorio de Química Orgánica³⁷. A pesar de los avances en infraestructura, el Laboratorio de Física para 1923 funcionaba fuera de las dependencias de la Escuela de Química Industrial, como se menciona en la revista *Atenea*³⁸: “Salvo en lo que respecta al Laboratorio de Física, que aun funcione en el local del Liceo de Hombres, los restantes laboratorios se hallan instalados en su propio edificio y están habilitados para el desempeño de su misión³⁹.”

En consecuencia, la física fue una de las asignaturas básicas en la formación de los ingenieros en las universidades chilenas, impartándose desde el primer año y entregando las habilidades fundamentales para la prosecución de estudios prácticos, debido a que contemplaba trabajos en laboratorio donde se ponían a prueba los conocimientos teóricos. Además, esta disciplina ocupó un rol relevante en la discusión del nuevo plan de estudios de la carrera de ingeniería en la Universidad de Chile por parte del Instituto de Ingenieros.

EL INSTITUTO DE INGENIEROS Y LA REFORMA DEL PLAN DE ESTUDIOS DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA

La revista *Anales del Instituto de Ingenieros de Chile* fue el medio comunicacional oficial de estos profesionales, la cual les permitió posicionarse ante la opinión pública mediante la publicación de artículos que defendían sus intereses comunitarios, fomentando la circulación de conocimientos, la validación disciplinaria y la promoción de los objetivos particulares de

³⁴ Enrique Alcalde, “El curso de Ingeniería”, 66.

³⁵ Carlos Muñoz, *Historia de la Facultad de Ingeniería* (Concepción, Ediciones Universidad de Concepción, 1992), 33.

³⁶ Carlos Muñoz, *Historia de la Facultad*, 36.

³⁷ Carlos Muñoz, *Historia de la Facultad*, 43.

³⁸ La revista *Atenea* fue el medio oficial de la Universidad de Concepción, en sus páginas se informaba a la comunidad educativa sobre las actividades académicas, pero también se incluyeron artículos sobre variadas temáticas.

³⁹ “Escuela de Química Industrial”, *Atenea*, Año 1: N° 3 (1924): 261.

este gremio⁴⁰. La relación de los ingenieros con la esfera pública no era del todo practicada por parte de estos profesionales, debido a la falta de legitimación social en comparación con otras profesiones como el derecho o la medicina⁴¹. Sin embargo, a diferencia de estas dos carreras, la ingeniería contribuyó a diversificar el origen social de las élites, puesto que provenían de estamentos sociales variados⁴². La falta de conocimiento del público hacia los ingenieros fue un aspecto que los miembros de esta asociación gremial tuvieron en consideración, tal como menciona Carlos Hoerning en 1917: “Nuestra profesión es muy poco conocida, porque, contrario a lo que pasa con la del médico y la del abogado, poco nos relaciona con el público y más bien nos aleja de él”⁴³. Las palabras de Hoerning nos indican que, para los socios del Instituto de Ingenieros, era fundamental que sus colegas pudieran ser reconocidos en los medios de opinión, con el fin de obtener mayor visibilidad social y reconocimiento público.

El mismo año que apareció el artículo de Carlos Hoerning, en los *Anales* comenzaron a publicarse estudios sobre la necesidad de reformar el currículum de enseñanza de la ingeniería en la Universidad de Chile⁴⁴, ya que los egresados de esta carrera contaban con pocos espacios laborales para ejercer su profesión⁴⁵. Sumado a esto, que la ingeniería contaba con una reducida visibilidad en los medios escritos. En este sentido, la exigencia de un cambio en la formación de estos profesionales respondía a la necesidad de obtener mayores expectativas en el sector público y en el área productiva. De esta forma, para establecer un nuevo plan de estudios se siguieron los ejemplos de Estados Unidos y algunos países europeos. Esta información fue compilada y publicada por el ingeniero Ricardo Simpson, quien destacó el modelo educativo alemán por estar abocado a la investigación y

⁴⁰ Jaime Parada, “La profesión de ingeniero”, lvii.

⁴¹ En las primeras décadas del siglo XX la demanda por la carrera de ingeniería fue baja en comparación con derecho y medicina, debido a su insuficiente empleabilidad y poca rentabilidad en la obtención de sueldos. Además, los ingenieros chilenos tuvieron que disputar el mercado con sus pares extranjeros que eran más cotizados en las reparticiones administrativas. Esto provocó que el egreso de ingenieros fuera menor en comparación con las otras dos carreras referidas anteriormente. A modo de ejemplo, para la década de 1920 se graduaron anualmente tanto solo 16 ingenieros, cifra menor en relación a los 94 abogados y 72 médicos que se titularon en esos años. Véase en, Marianne González, *De empleados a empresarios. Clase media y Estado docente en Chile, 1810-1920* (Santiago: LOM Editores, 2011), 352.

⁴² Marianne González, *De empleados a empresarios*, 354.

⁴³ Carlos Hoerning, “El ingeniero ante la opinión pública”, *Anales del Instituto de Ingenieros de Chile*, N° 1 (1917): 14.

⁴⁴ Al igual que su par homóloga en la Universidad de Chile, la Escuela de Ingeniería de la Universidad Católica también inició un proceso de reforma y creación de un nuevo plan de estudios en 1917, el cual entre sus modificaciones introdujo la clase de alemán como obligatoria en los dos primeros años y el estudio de la Química aplicada a la Ingeniería Civil. Ver en Macarena Ponce de León, Francisca Rengifo y María José Vial, *Ayer y hoy*, 29.

⁴⁵ La condición laboral y social de los ingenieros comenzará a cambiar en 1927, bajo la dictadura de Carlos Ibáñez, cuando ingresaron en plenitud al aparato estatal y a dirigir ministerios como una forma de reemplazar la antigua política parlamentaria por una de tipo tecnocrática, en la cual se privilegió la racionalidad técnica y científica que podían proporcionar estos profesionales al ámbito administrativo y político. Consultar en Adolfo Ibáñez, “Los Ingenieros, el Estado y la política. Del Ministerio de Fomento a la Corporación de Fomento. 1927-1939”, *Historia*, N° 18 (1983): 45-102.

al trabajo en laboratorio con un fuerte énfasis en las aplicaciones industriales, mientras que el modelo francés carecía de estas preocupaciones⁴⁶. La preferencia del ejemplo alemán, por sobre el francés, radicaba en que los miembros del Instituto de Ingenieros eran partidarios de una formación académica más ligada a los procesos productivos y al desarrollo industrial, lo cual les proporcionaría mayores horizontes laborales y vinculación con el sector fabril⁴⁷.

El modelo ingenieril estadounidense, por su parte, enfatizaba una formación integral que comprendía tanto asignaturas científicas como humanistas, pero, además, proporcionó un ejemplo en cuanto a la orientación que debía seguir la formación profesional, ya que el sistema educativo norteamericano había resuelto con relativo éxito los problemas de inserción laboral de sus ingenieros en el área industrial a través de la incorporación de habilidades comunicativas y psicológicas⁴⁸. Las referencias a los contextos de educación superior estadounidenses y europeos, nos demuestra que las discusiones en torno a la reforma en la preparación de los ingenieros chilenos tuvieron ribetes transnacionales, puesto que se tomaron en consideración experiencias extranjeras para adaptarlas al país, siguiendo los propios intereses del Instituto de Ingenieros. Las publicaciones de sus socios no solo se enfocaron en aspectos curriculares, sino que también consideraron la parte bibliográfica. Al respecto, el ingeniero Alejandro Bertrand manifestó la carencia de libros especializados en Chile para la enseñanza de la ingeniería: “Al mismo tiempo, le duele decirlo, no pocas veces ha tenido que lamentar —y de sufrir por ello pérdidas de tiempo considerables— la carencia de esas condiciones en las muy contadas publicaciones periódicas que forman la Literatura

⁴⁶ Ricardo Simpson, “Nuevas orientaciones en la enseñanza de la Ingeniería”, *Anales del Instituto de Ingenieros de Chile*, N° 7 (1917): 292. Alemania se había caracterizado desde finales del siglo XIX por establecer una serie de instituciones educacionales que titulaban a técnicos e ingenieros con una fuerte formación en investigación aplicada y vocación industrial, lo que les permitió tener profesionales que se encargaron de suministrar de saberes prácticos a los diferentes rubros empresariales. A diferencia del modelo germano, los profesionales franceses estuvieron muy poco involucrados en el área industrial y su injerencia en este rubro fue limitada. Más información en Terry Shinn, “The industry, research, and education nexus”, en *The Modern Physical and Mathematical Sciences*, ed. Mary Jo Nye (Cambridge: Cambridge University Press, 2008), 133-153.

⁴⁷ Desde el último tercio del siglo XIX, Chile estuvo influenciado por el modelo francés tanto en lo referente a la ciencia como en la educación. Sin embargo, hacia fines de la centuria decimonónica e inicios del siglo XX esta situación cambiaría, pues Alemania se erigiría como el ejemplo a seguir, para lo cual se contrataron a profesores y científicos germanos para que se hicieran cargo de las instituciones educativas y científicas nacionales instaurando un sistema de trabajo de tipo prusiano. Sobre la transición de Francia a Alemania como referente pedagógico y cultural. Véase en, Juan Pablo Conejeros, “De la francomanía al embrujo alemán. Alcances en torno al rol de los agentes mediatizadores en el proceso de transferencia cultural alemana en la educación chilena (1880-1910)”, en *Historia social de la educación chilena. Tomo 1*, ed. Benjamín Silva (Santiago: Ediciones Universidad Tecnológica Metropolitana, 2015), 36-67.

⁴⁸ Ricardo Simpson, “Nuevas orientaciones”, 299. Las universidades estadounidenses que impartían la carrera de ingeniería a inicios del siglo XX mantuvieron relaciones cercanas con las empresas, encaminando la enseñanza de esta profesión hacia la resolución de los problemas de la industria. Esto significó que las instituciones de educación superior dedicaran tiempo de investigación a desarrollar innovaciones que serían aprovechados por el sector empresarial, lo cual se materializó en la construcción de laboratorios para aplicar el conocimiento adquirido para posteriormente ser utilizado en el área fabril. Terry Shinn, “The industry, resarch”, 149-150.

Técnica Contemporánea Chilena”⁴⁹. La literatura técnica actualizada era de suma importancia para la entrega de conocimientos hacia el estudiantado, especialmente si se pretendía formar profesionales que estuvieran ligados a las necesidades económicas y de producción del país.

Para 1918 las publicaciones en los *Anales* se intensificaron y fueron acompañadas por conferencias organizadas en el edificio del Instituto de Ingenieros. Una de estas exposiciones fue dictada por el ingeniero Jorge Torres, quien al igual que Simpson se refirió a la enseñanza de la profesión en Estados Unidos, Alemania y Francia, haciendo hincapié en que la reforma al plan de estudios debía estar encausado hacia el sector fabril: “El momento en que nos encontramos, que exige un cambio en el plan de estudios de Ingeniería en la Universidad de Chile, debe, pues, ser aprovechado para orientar esos estudios hacia la industria, a fin de que los futuros Ingenieros puedan tomar en ella el puesto que les corresponde, es decir, su dirección”⁵⁰. Las palabras de Torres tuvieron un claro indicador que la carrera de ingeniería debería estar destinada a resolver los problemas de la industria nacional y a encabezar dichos cambios, para lo cual era menester que el nuevo programa estuviera enfocado en que sus futuros egresados tuvieran las herramientas necesarias para dirigir las empresas en que se emplearían. Más aún en una época en que el sector industrial chileno tuvo un período de expansión y crecimiento, en particular las empresas dedicadas al área metalúrgica y metalmeccánica⁵¹. Además, para Torres era de suma importancia que la reforma en la Escuela de Ingeniería se consideraran los trabajos prácticos y las estadías de los estudiantes en las industrias, para que desde un comienzo tuvieran experiencia en las formas de producción⁵².

Una segunda conferencia ese mismo año fue dictada por el ingeniero Miguel Letelier, quien al igual que su colega y compañero en el Instituto de Ingenieros, Jorge Torres, manifestó la conveniencia que el nuevo currículum de ingeniería debería estar vinculado hacia la formación de profesionales que contribuyeran en la industria chilena: “La evolución de los medios de producción y de trabajo, de los elementos y necesidades de la producción industrial, obliga a que los estudios de la ingeniería estén en cada momento en igual estado de progreso para formar el personal superior y eficiente en esa lucha y evolución industrial”⁵³. El énfasis en dirigir la carrera de ingeniería hacia el sector fabril respondió al interés por generar nuevas plazas laborales para estos profesionales, quienes deberían estar en condiciones de poder establecer nuevas formas de producción mediante la aplicación del saber científico.

⁴⁹ Alejandro Bertrand, “Observaciones sobre la necesidad de una mejor organización de la literatura técnica chilena”, *Anales del Instituto de Ingenieros de Chile*, N° 7 (1917): 308.

⁵⁰ Jorge Torres, “Necesidades de la enseñanza técnica”, *Anales del Instituto de Ingenieros de Chile*, N° 8 (1918): 345.

⁵¹ Gabriel Salazar, *Mercaderes, empresarios y capitalistas (Chile, siglo XIX)* (Santiago: Editorial Sudamericana, 2011), 663-664.

⁵² Jorge Torres, “Necesidades de la enseñanza”, 348.

⁵³ Miguel Letelier, “Orientaciones sobre la enseñanza de la Ingeniería”, *Anales del Instituto de Ingenieros de Chile*, N° 8 (1918): 272.

Para los miembros del Instituto de Ingenieros, el conocimiento científico aplicado era el que tenía mayor preponderancia al momento de formar a los futuros profesionales de la Escuela de Ingeniería en el nuevo plan de estudios, debido a que este proporcionaría las bases elementales para que los egresados pudieran desenvolverse de manera efectiva en las industrias y modernizar sus formas de producción. Un claro ejemplo de esto lo proporcionó el ingeniero Eleazar Lanzaeta en su discurso pronunciado ante la Cámara de Diputados, en el que se refirió a las reformas introducidas en Francia a la carrera de ingeniería recomendadas por el Ministro de Instrucción Pública de ese país, quien manifestó la necesidad de establecer laboratorios modernos en el que pudieran participar los ingenieros y los industriales con el fin de incentivar la educación práctica en los estudiantes⁵⁴. Los cambios introducidos en la enseñanza de la ingeniería en Francia, después de la Primera Guerra Mundial, resultaron ser un ejemplo para seguir por su contraparte chilena, puesto que los franceses habían dado muestras de cómo la ciencia aplicada podía ser útil para generar mayores rendimientos en la productividad de la industria y crear nuevas innovaciones tecnológicas⁵⁵. En este aspecto, los ingenieros chilenos valoraron las reformas que en este país europeo se estaban realizando, considerando que el saber aplicado podría solucionar algunos problemas que presentaban los estudiantes de ingeniería en su formación académica.

Los modelos educativos ingenieriles extranjeros, que influenciaron los artículos publicados en los *Anales*, proporcionaron un ejemplo que los ingenieros chilenos consideraron al momento de reformar el plan de estudios. Sin embargo, dentro del mismo Instituto de Ingenieros hubo voces más cautas sobre la posibilidad de implantar un sistema formativo foráneo, ya que las condiciones sociales y educativas eran diferentes entre cada uno de los países. Al respecto, el ingeniero Ramón Salas⁵⁶ había manifestado ciertas reticencias con la aplicación de los modelos provenientes desde Estados Unidos y Europa, señalando: “Creo que lo que he aprendido en las Universidades de Europa y Estados Unidos no se puede aplicar a nuestras Universidades sino haciéndoles modificaciones que lo adapten a nuestro medio, y llego a creer que estas modificaciones hasta tal punto son función de las circunstancias individuales de cada Universidad, que han de variar de la Universidad Católica

⁵⁴ Eleazar Lanzaeta, “Reforma de la Ingeniería”, *Anales del Instituto de Ingenieros de Chile*, N° 8 (1918): 382.

⁵⁵ Después de la Primera Guerra Mundial el gobierno francés incentivó la investigación científica aplicada, particularmente hacia la defensa nacional. Sin embargo, este proyecto no tuvo mucha trascendencia en el sistema universitario tras el derrumbamiento de las facultades de ingeniería durante esos años. Terry Shinn, “The industry, resarch”, 143.

⁵⁶ Ramón Salas fue uno de los ingenieros chilenos más destacados en la primera mitad del siglo XX, desempeñándose como profesor y decano de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad Católica entre 1918 a 1921, también fue docente de la Escuela de Ingeniería de la Universidad de Chile, dedicándose en ambas instituciones a la enseñanza de los ramos de Cálculo, Física y Mecánica Racional. Además, fue uno de los mayores difusores de la Teoría de la Relatividad en el país. Sobre sus obras y pensamiento véase en, Cristián Escauriaza y Jorge Giromás, “Ramón Salas Edwards, la ciencia y la misión integral del ingeniero”, en *Escurrimiento variado de agua en los canales*, Ramón Salas Edwards (Santiago: Biblioteca Fundamentos de la Construcción de Chile, 2012), ix-lix.

a la Universidad del Estado, y que han de ir continuamente evolucionando de año en año como los planes de estudio para no degenerar en formas arcaicas”⁵⁷.

Para Salas, las experiencias en la formación de ingenieros provenientes desde el extranjero tenían muy poca relación con las condiciones que presentaba la carrera de ingeniería en las universidades chilenas, por lo cual era imprescindible que estas ideas fueran adaptadas a las condiciones propias del país y su idiosincrasia. De esta forma, los modelos de Estados Unidos y Europa solo eran útiles si podían resolver los problemas educativos de la ingeniería nacional, cobrando mayor relevancia que en la reforma curricular se tuvieran en consideración que estos profesionales pudieran resolver las necesidades propias de Chile, antes que una mera imitación de las realidades foráneas. En este sentido, como ha expresado la historiadora Lissa Roberts, la circulación de las ideas científicas a nivel global implica un proceso de negociación en que los actores locales ocupan un lugar preponderante en la adaptación y apropiación de dichos saberes extranjeros⁵⁸. Así, siguiendo las palabras de Roberts, Salas era partidario de acomodar a la situación universitaria nacional, los modelos de ingeniería de estadounidense y europeo que estaban discutiendo los miembros del Instituto de Ingenieros en sus publicaciones. E incluso, llegó a mencionar que existían diferencias en universidades de un mismo país al momento de aplicar ideas educativas de otros lugares; tal como aconteció con las universidades de Chile y Católica y sus carreras de ingeniería: “La experiencia de una Universidad no siempre es aplicable a otras; aún dentro de la misma raza; y se ha de recelar de la trasplatación de procedimientos que dan felices resultados dentro de unas condiciones sociales; pero que cambiado el medio, la mentalidad, las tradiciones, pueden conducir a fracasos”⁵⁹.

Finalmente, el nuevo plan de estudios para la carrera de ingeniería en la Universidad de Chile fue aprobado en 1919, exigiéndose para su ingreso, tener aprobado, previamente, el grado de Bachiller en Humanidades. Además, se aumentó en un año de estudio los cursos Ingeniería Civil e Ingeniería en Minas, principalmente en las cátedras de matemáticas⁶⁰. La implementación de la reforma curricular estuvo a cargo de Gustavo Lira, quien era el titular de la cátedra de física, presentando como uno de los recientes cambios la implementación de seis años de enseñanza para las ingenierías y cinco para la carrera de Arquitectura. Junto a esto, se contempló un primer ciclo de tres años, que se enfocaba en ramos científicos básicos. Mientras que el segundo ciclo se basó en ramos de tipo aplicado, diferenciándose las especialidades de la carrera a partir del cuarto año. Este nuevo plan de estudios hizo obligatorio el trabajo práctico a nivel industrial y exigía pruebas y exámenes finales para la

⁵⁷ Ramón Salas, “Ideas sobre reforma de la enseñanza técnica”, *Anales del Instituto de Ingenieros de Chile*, N° 9 (1918): 389.

⁵⁸ Lissa Roberts, “Situating Science in Global”, 17-18.

⁵⁹ Ramón Salas, “Ideas sobre reforma”, 389.

⁶⁰ ARNAD, Fondo Ministerio de Educación, Vol. 3801, f. 632.

aprobación de la carrera⁶¹. Por lo cual, las exigencias de los miembros del Instituto de Ingenieros a través de su revista fueron finalmente incorporadas en la reforma curricular, ya que a la formación de los ingenieros se le dio un cariz más ligado a la industria y a la producción, utilizando para ello experiencias en laboratorio y en empresas. Esta nueva orientación fue posible gracias a los ramos de física, debido a que estos entregaron las bases cognitivas para que los estudiantes pudieran aplicar el saber a la realidad productiva chilena. Esto último quedó de manifiesto en una conferencia dictada por Miguel Letelier en la Escuela de Ingeniería ese mismo año, en la que señaló la forma en que los ingenieros podían contribuir al desarrollo industrial chileno mediante la utilización del saber práctico y aplicado con el fin de optimizar el sistema productivo, dando prioridad a la enseñanza de las ciencias exactas en los primeros años de formación⁶².

EL INSTITUTO DE INGENIEROS Y LA ENSEÑANZA DE LA FÍSICA EN LA REFORMA DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA

Hacia fines de la centuria decimonónica e inicios del siglo XX, la física tuvo gran influencia en el desarrollo tecnológico, lo que permitió que un número creciente de físicos comenzaran a trabajar en el área técnica o industrial y en instituciones politécnicas, donde realizaron investigaciones aplicadas a la producción e innovaciones tecnológicas. Esta forma de hacer ciencia fue denominada como “física industrial”, la cual fue una rama de la física no académica que era practicada en varios países que presentaron un considerable desarrollo industrial y que tuvo su mayor auge durante la Primera Guerra Mundial. Las áreas de la física más adecuadas para la aplicación industrial fueron: la termodinámica, el electromagnetismo, la óptica y la ciencia de los materiales. Mientras que en campos más nuevos como la radioactividad, la Teoría de la Relatividad y la Mecánica Cuántica no se produjeron aplicaciones prácticas en un corto tiempo⁶³. Esto era considerado como parte del avance cultural de Europa y Estados Unidos por sobre otras naciones, siendo la física un prerrequisito básico para alcanzar este progreso en el campo fabril⁶⁴. En América Latina, en el mismo período, también se buscaron formas de aplicación del conocimiento científico para el desarrollo industrial, debido a las dificultades comerciales que había impuesto la Primera Guerra Mundial con Europa⁶⁵. La física experimental tuvo un rol clave en este propósito, para lo cual se hizo hincapié en los trabajos en laboratorios que pertenecían en su mayoría a las Facultades de Ingeniería⁶⁶.

⁶¹ Gastón Held, *Apuntes para una historia*, 17; Sergio Villalobos, *Historia de la Ingeniería*, 279; Rolando Mellafe, Antonia Rebolledo y Mario Cárdenas, *Historia de la Universidad*, 123; Carlos Sanhueza, Lorena Valderrama y Joan Cornejo, *La Escuela de Ingeniería*, 26.

⁶² Miguel Letelier, “Acción Social del Injeniero”, *Anales de la Universidad de Chile*, Tomo 143 (1919): 201-253.

⁶³ Helge Kragh, *Quantum Generations*, 118-119.

⁶⁴ Iwan Morus, *When Physics Become King* (Chicago: University of Chicago Press, 2005), 263.

⁶⁵ Regis Cabral, “International politics”, 246.

⁶⁶ Thomas Glick, “Science and society”, 492.

Las aplicaciones de la física a la industria en Chile tuvieron la misma valoración que en los otros países de la región. Esto se vio reflejado en la reforma que se introdujo en el Instituto Pedagógico en 1911, en la que se exigía a los profesores de física y química que enseñaran a los estudiantes sobre las industrias que se encontraban en el país⁶⁷. Los socios del Instituto de Ingenieros también fueron partidarios de la física aplicada, la cual debía ser parte de la reforma de los estudios de ingeniería para que tuviera una disposición práctica y ligada al sector fabril. Sin embargo, esto no significó que los participantes de esta agrupación gremial no estuvieran interesados en los aspectos teóricos de la física, que se discutieron en los mismos años del cambio curricular al programa de estudios. Por ejemplo, el ingeniero Manuel Almeyda, profesor de física y matemáticas de la Escuela de Arquitectura de la Universidad de Chile, dictó una serie de conferencias los días 4 y 11 de junio de 1920 sobre la Teoría General de la Relatividad en la sede del Instituto de Ingenieros, siendo esta una de las primeras manifestaciones de la teoría de Einstein en el país⁶⁸. En ella Almeyda se refirió a las principales implicancias y transformaciones que traía consigo esta nueva teoría física, en particular sobre la concepción de gravitación y sus consecuencias⁶⁹.

Continuando con la reforma curricular de la carrera de ingeniería y al rol que tuvo el Instituto de Ingenieros en ella. Para sus miembros era menester que los ramos del primer año, dentro de los que se encontraba la física, entregaran las bases iniciales para que los futuros egresados estuvieran en condiciones para desempeñarse laboralmente en áreas relacionadas con la producción industrial. Del mismo modo, era clave que los estudiantes tuvieran experiencia práctica en el laboratorio y que los cursos de física estuvieran destinados a proporcionarles dicha habilidad. Al respecto, Ricardo Simpson enfatizó este aspecto: “Tratándose de las ciencias físicas el método esencial es el experimental, el que se adquiere en el laboratorio y no en la pizarra. El desarrollo y el aprovechamiento de los laboratorios debe ser una de las preocupaciones dominantes de toda reforma de la enseñanza”⁷⁰. Simpson, al igual que otros de sus colegas, esperaban que el nuevo programa que debía adoptar la Escuela de Ingeniería dirigiera su enseñanza hacia la física experimental, ya que desde los primeros años de la carrera los estudiantes debían estar en contacto con el saber aplicado.

Así, la física experimental resultaba ser imprescindible para que los ingenieros adquieran aptitudes que le permitieran adaptar lo aprendido en clase al plano práctico. En este aspecto, Simpson señaló que los cursos que debían ser considerados en la reforma eran las disciplinas científicas que suministraban habilidades empíricas al estudiante: “En resumen, en la enseñanza superior hay que limitarse al estudio de los métodos esenciales de las grandes disciplinas científicas, de lo que es casi imposible aprender solo más tarde:

⁶⁷ Amanda Labarca, *Historia de la Enseñanza en Chile* (Santiago: Imprenta Universitaria, 1939), 237.

⁶⁸ Patricio Leyton, “La física en la Escuela de Ingeniería”.

⁶⁹ Manuel Almeyda, “La teoría de la gravitación de Einstein y la nueva concepción del Universo”, *Anales del Instituto de Ingenieros de Chile*, N° 8 (1920): 341-156.

⁷⁰ Ricardo Simpson, “Nuevas orientaciones”, 293

Cálculo diferencial e integral, mecánica racional, termodinámica, electricidad, óptica, reuniéndolo con ejercicios de laboratorio en los que se estudien los métodos de medida más precisos que son necesarios para todas las investigaciones científicas o industriales; análisis químicos cuantitativo, galvanómetros, microscopios, aparatos registradores, etc.”⁷¹.

Las áreas de la física que este ingeniero recomendó para la formación de sus futuros colegas fueron: mecánica racional, termodinámica, electricidad y óptica, las que debían ser complementadas con prácticas en el laboratorio que podrían utilizar en su inserción laboral en las industrias.⁷² Además, las experiencias en laboratorio debían estar acompañadas de instrumentos de precisión para que los estudiantes realizaran el trabajo práctico. Al igual que Simpson, su colega Manuel Almeyda también destacó la termodinámica como una de las áreas de la física que presentaba aplicaciones en el área industrial, pero al mismo tiempo resaltó el estudio de esta ciencia en la instrucción de los ingenieros: “Mis deseos son de que cada día el estudio de la Física adquiriera más importancia en la formación de nuestros futuros colegas, y de que los estudiantes amen esta ciencia, no solo como preparación indispensable para la resolución de los problemas prácticos de Tecnología industrial, sino en cuanto ella tiene de elevado y bello”⁷³. Sin embargo, las actividades en el laboratorio no eran suficientes para que los futuros ingenieros adquirieran habilidades experimentales, ya que estas debían ser acompañadas con una bibliografía adecuada. Sobre este punto, Alejandro Bertrand comenta: “Considerando la literatura técnica en una materia dada, no sólo como un factor de ilustración y estudio, sino y principalmente como uno de los auxilios a la investigación científica e industrial”⁷⁴.

El trabajo en laboratorio y la estadía en industrias debía ser el aspecto medular del nuevo plan de estudios de la carrera de ingeniería, siendo el elemento distintivo que defendieron los miembros del Instituto de Ingenieros, como puede apreciarse en las palabras de Jorge Torres: “A nuestro modo de ver, las medidas que deben tomarse para orientar la enseñanza en tal sentido, son formar la individualidad en los alumnos y desarrollar en ellos el gusto por las industria por medio de los trabajos prácticos de laboratorio, por las estadías obligatorias en usinas y faenas; por las visitas a establecimientos y por la creación de laboratorios, al lado de la Universidad, donde los jóvenes que han terminado sus estudios puedan adquirir una especialización por medio del estudio experimental”⁷⁵.

⁷¹ Ricardo Simpson, “Nuevas orientaciones”, 294.

⁷² Las empresas e industrias dedicadas al rubro de la electricidad, telegrafía, telefonía y fotografía, en Europa y Estados Unidos, a inicios del siglo XX, demandaron cada vez investigaciones en el área de la física aplicada, para lo cual establecieron en sus sedes laboratorios en los que empleaban a estos especialistas para resolver algunas problemáticas en estas áreas. Ver en John Heilbron, *Physics a short History*, 154-154.

⁷³ Manuel Almeyda, “Las ideas actuales sobre termodinámica”, *Anales del Instituto de Ingenieros de Chile*, N° 5 (1918): 194.

⁷⁴ Alejandro Bertrand, “Observaciones sobre la necesidad”, 316.

⁷⁵ Jorge Torres, “Necesidades de la enseñanza”, 350.

No obstante, implementar la reforma curricular en el sentido que los socios del Instituto de Ingenieros recomendaron, suponía una serie de obstáculos que era necesario resolver previamente. Entre ellos estaba la falta de infraestructura y equipamiento necesario para desarrollar a cabalidad la física experimental en los laboratorios, así como la carencia de una bibliografía técnica y científica actualizada. A estos dos aspectos se sumó la mala formación científica de los estudiantes de ingeniería provenientes de la educación secundaria, lo que llevó a sugerir que se destinara mayor tiempo al aprendizaje a materias como física, química, matemáticas y mecánica general y aplicada. Asimismo, se enfatizó en el estudio experimental, investigaciones en laboratorio realizadas por los mismos alumnos y residencias de los estudiantes en fábricas⁷⁶. De esta forma, para que fuera efectivo el nuevo programa de estudios era imprescindible que primero se modificara la enseñanza en los contenidos de la educación secundaria. Al respecto, Eleazar Lanzaeta, siguiendo el ejemplo francés, menciona: “De modo que yo creo que se debe reaccionar completamente en la enseñanza secundaria, de acuerdo con lo que se está haciendo en Francia, de donde hemos copiado su organización y en donde se considera que la deficiencia y el mal pie en que se encuentran la industria y el comercio, se debe a la mala dirección de la enseñanza general. Principalmente se ha hecho presente que este mal se debe a los programas desastrosos de la enseñanza secundaria”⁷⁷.

Los miembros del Instituto de Ingenieros no solo estaban de acuerdo con reformar el plan de estudios de la Escuela de Ingeniería, sino que también fueron partidarios de introducir cambios en la educación secundaria siguiendo los modelos que le proporcionaron los países europeos. Así, para poder tener mayor efectividad en sus peticiones le escribieron una serie de cartas al Ministro de Instrucción Pública, que fueron publicadas en los *Anales* en 1918, en las cuales le manifestaron su posición frente al nuevo plan de estudios y al rumbo que debía seguir la carrera de ingeniería. Entre los contenidos de las misivas, se hacía hincapié en mejorar la forma de enseñanza de la física y su aplicación al sector industrial como una asignatura que ayudaría en este cometido: “Se reconoce que nuestros profesionales adquieren vastos y completos conocimientos de la ingeniería civil, pero que, tanto por la deficiencia de los estudios mecánico físico-químicos, como por lo anticuado de los métodos de enseñanza de estos ramos, se encuentran imposibilitados, en la mayoría de los casos, para servir de auxiliar eficaz en la técnica de la industria, objetivo que, en los momentos actuales, no puede dejar de ser tornado seriamente en cuenta”⁷⁸.

Para implementar de manera adecuada las sugerencias que los miembros del Instituto de Ingenieros le manifestaron al Ministro de Instrucción Pública era indispensable que el nuevo edificio de la Escuela de Ingeniería contara con la infraestructura adecuada, ya que el antiguo establecimiento no poseía los implementos necesarios para la enseñanza de la física experimental. Lamentablemente las obras se encontraban paralizadas por la falta de

⁷⁶ Miguel Letelier, “Orientaciones sobre la enseñanza”, 373.

⁷⁷ Eleazar Lanzaeta, “Reforma de la enseñanza”, 381-382.

⁷⁸ “Documentos. Reformas en la enseñanza técnica”, *Anales del Instituto de Ingenieros de Chile*, N° 11 (1918): 325.

presupuesto, ante lo cual el gremio de ingenieros solicitó que se destinaran más recursos del erario fiscal⁷⁹. En este sentido, para que la reforma al plan de estudio de la carrera ingeniería tuviera éxito las dependencias de la nueva Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas debía albergar las condiciones materiales y técnicas para que los estudiantes pudieran realizar experiencias en laboratorio y con ello adquirir habilidades en física aplicada.

Si bien el nuevo programa de la carrera se aprobó en 1919, algunos miembros del Instituto de Ingenieros y profesores de la Escuela de Ingeniería siguieron publicando algunos artículos en que debatieron sobre el rol de las disciplinas científicas en la formación de los ingenieros, particularmente sobre la física y la matemática. Uno de los académicos que expuso su visión en los *Anales* fue Ricardo Poenisch⁸⁰, quien manifestó la importancia de la enseñanza de la física experimental como base y el fundamento de toda ciencia técnica y aplicada: “Toda cuestión técnica es en el fondo una cuestión de “física aplicada”: la física es, pues, la base de las ciencias técnicas. Por tanto, la enseñanza experimental y teórica a la vez de la física es el fundamento indispensable sobre el monumento cual se erige el soberbio de las Ciencias Técnicas”⁸¹. A pesar de que Poenisch compartía las ideas fundamentales con otros miembros del Instituto de Ingenieros sobre la física aplicada y su rol en la instrucción de los ingenieros para el sector productivo, defendió la enseñanza de las matemáticas en la ingeniería, tras las críticas de algunos de estos profesionales que manifestaron que este ramo debía ser disminuido en el plan de estudios por su falta de aplicabilidad⁸². Ante esta situación, el académico se mostró contrario a la reducción de las horas de matemáticas y señaló la utilidad que prestaba esta ciencia formal a los estudios de física era invaluable: “En las investigaciones técnicas de hoy en día es frecuente y provechoso el empleo y aplicación de la *función potencial*, las *funciones elípticas*, *hiperbólicas* y otras, la *grafostática*, la *nomografía*; el análisis vectorial, la *teoría mecánica del calor*, las *ecuaciones diferenciales a derivadas totales y parciales*; de las teorías de la *Física Matemática* y aún de la *Geometría Proyectiva*. Puede bien suceder que por falta de alguno de estos conocimientos especiales, algún ingeniero fracase en la solución de alguna cuestión técnica, pero esto nada probaría en pro de la inutilidad de los conocimientos reglamentarios que ha adquirido en la Escuela de Ingeniería”⁸³.

⁷⁹ “Documentos. Reformas en la enseñanza”, 527.

⁸⁰ Ricardo Poenisch fue un profesor de origen alemán contratado en 1907 y estuvo a cargo de las cátedras de matemática, álgebra y cálculo del Instituto Pedagógico y en la Escuela de Ingeniería, contribuyendo en la formación de profesores de matemáticas y ciencias natural y de ingenieros. Además, publicó textos de enseñanza de la matemática para la enseñanza secundaria que tuvieron gran influencia en la educación chilena a comienzos del siglo XX. Ver en Luis Valenzuela, *Los orígenes de la matemática en Chile y su enseñanza hasta 1930* (Santiago: Universidad Central de Chile, 2011), 103-119.

⁸¹ Ricardo Poenisch, “Sobre la enseñanza de las matemáticas en las Escuelas Técnicas Superiores y en la preparación del profesorado”, *Anales del Instituto de Ingenieros de Chile*, N° 5 (1920): 213.

⁸² Ricardo Poenisch, “Sobre la enseñanza”, 213.

⁸³ Ricardo Poenisch, “Sobre la enseñanza”, 214-215.

En general, la reforma del plan estudios de la carrera de ingeniería privilegió la física, por sobre otras ciencias, debido a la aplicabilidad de esta a los procesos productivos y la industria, dando mayor énfasis a la física experimental y los trabajos en laboratorio. Mientras que la matemática carecía, a su juicio, de estas características, recomendando la disminución de estos ramos y el aumento de estadías en fábricas y actividades prácticas. Además, se disminuyó el aprendizaje memorístico de las materias científicas, reemplazándola por ejercicios que consistieron en la resolución de problemas de aplicación de los conocimientos adquiridos. Junto a esto, las clases en el laboratorio se realizaron ensayos de resistencia de materiales, experiencias de física, determinaciones experimentales de algunas constantes físicas y ensayos de sustancias químicas, las cuales se complementaban con la lectura de revistas técnicas sobre materias ya tratadas⁸⁴.

El nuevo edificio que albergaría a la Escuela de la Ingeniería se inauguró en 1922, el cual debía proporcionar las condiciones en infraestructura y en insumos para que el nuevo plan de estudios se pudiera implementar a cabalidad. Para el caso de la física, el gobierno adquirió desde Alemania maquinarias, instrumentos, aparatos y enseres, los que servirían para equipar los Laboratorios de Física, Química, Electrotecnia y Química Industrial⁸⁵. Al respecto, el Instituto de Ingenieros publicó en su revista algunos artículos informando a sus lectores y asociados sobre las nuevas instalaciones, haciendo hincapié en la construcción de los gabinetes, talleres y laboratorios para la enseñanza experimental y práctica de las disciplinas científicas⁸⁶. Del mismo modo, en los *Anales* se siguió y cubrió todo el proceso de inauguración de la nueva Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, en la cual participaron los socios de esta institución profesional, quienes donaron una escultura a la Escuela de Ingeniería⁸⁷.

Por último, para la instalación de los laboratorios se designó al académico de origen austriaco, Paul Krassa, quien fue el encargado de diseñar las nuevas dependencias y solicitar el equipamiento y materiales desde Alemania⁸⁸. Los laboratorios de física y de las otras disciplinas debían proporcionar a los estudiantes de ingeniería las habilidades básicas para que estos se desempeñaran en un futuro en las industrias, tal como habían sugerido los socios del Instituto de Ingenieros en sus artículos. En cuanto a esto, Paul Krassa manifestó esta importancia: “Estimo pues, que el desarrollo de los procedimientos debe ser una de las tareas del nuevo laboratorio, aparte de aquella que consistirá en la preparación de jóvenes

⁸⁴ “Labor de la Facultad de Matemáticas”, *Anales de la Universidad de Chile*, Tomo 159 (1922): 160-161.

⁸⁵ ARNAD, Fondo Ministerio de Educación, Vol. 4237, f. 2258.

⁸⁶ Gustavo Lira, “El nuevo edificio de la Escuela de Ingeniería de la Universidad de Chile”, *Anales del Instituto de Ingenieros de Chile*, N° 3 (1922): 129-130; “Escuela de Ingeniería y Arquitectura”, *Anales del Instituto de Ingenieros de Chile*, N° 4 (1922): 210-214.

⁸⁷ Raúl Simón, “Inauguración de la Escuela de Ingeniería”, *Anales del Instituto de Ingenieros de Chile*, N° 4 (1922): 219-233.

⁸⁸ ARNAD, Fondo Ministerio de Educación, Vol. 4237, s/f.

universitarios que puedan, a su vez, fomentar el desarrollo de la industria e independizar al país de la extranjera”⁸⁹.

En consecuencia, la física experimental fue una de las disciplinas que mayor beneficio traería a los ingenieros tras aprobarse el nuevo programa de estudios, ya que les daría las habilidades necesarias para que sus egresados pudieran aplicar el conocimiento a los procesos productivos y al sector fabril. De este modo, el trabajo en laboratorio era fundamental para que los estudiantes adquirieran experiencia práctica en sus años de estudio, lo cual se conseguiría con una infraestructura adecuada, así como equipamiento y enseres para la enseñanza de la física experimental.

CONCLUSIÓN

El Instituto de Ingenieros de Chile fue una asociación que defendió los intereses profesionales y gremiales desde su creación, siendo su principal preocupación la inserción laboral y el ejercicio profesional de los ingenieros nacionales. Para lograr este objetivo, se publicaron artículos y estudios en la revista *Anales del Instituto de Ingenieros* que hacían hincapié en la modernización del sistema educacional universitario y en la formación de los futuros profesionales. Esta revista se transformó en el medio oficial de los ingenieros, que les permitió expresar sus ideas y opiniones en la esfera pública con el propósito de evidenciar las deficiencias que presentaba la carrera. Así, frente a la reforma del plan de estudios en la Escuela de Ingeniería de la Universidad de Chile entre los años 1917 a 1922, los miembros del Instituto de Ingenieros fueron un actor activo y relevante en este proceso, ya que se publicaron en los *Anales* diversos artículos que manifestaban la orientación curricular que debía seguir los cambios en la carrera, los cuales enfatizaban en la realización de trabajos prácticos en laboratorios.

De esta forma, los socios del Instituto de Ingenieros abogaron por la incorporación de habilidades prácticas, ligadas al sector productivo, en la formación de los futuros profesionales con el objetivo de conseguir una mayor empleabilidad. Por lo cual, se hizo imperioso que en el nuevo programa de estudios se privilegiaran los saberes aplicados y las estadías en industrias, para que los egresados desde un comienzo tuvieran experiencia en el área fabril, siguiendo el ejemplo de Estados Unidos y de algunos países europeos. Para lograr este cometido, en las publicaciones de los *Anales* se dieron a conocer las reformas que se realizaron en el sistema universitario estadounidense, francés y alemán, los que estaban vinculando las investigaciones científicas, que se realizaban en las instituciones técnicas, con las producciones industriales mediante la creación de innovaciones tecnológicas. Por consiguiente, el plano internacional les brindó a los ingenieros chilenos un modelo

⁸⁹ ARNAD, Fondo Ministerio de Educación, Vol. 4237, s/f.

educacional para efectuar las reformas que se necesitaban en el país, con el fin de adaptarlas a la realidad social y cultural nacional.

La preferencia por los saberes aplicados llevó a los miembros del Instituto de Ingenieros a privilegiar la enseñanza de la física por sobre otras ciencias, como lo fue la matemática, debido a que esta disciplina entregaba a sus estudiantes habilidades prácticas que podían ser ejecutadas en laboratorio. La física al ser un ramo que se impartía en los primeros años les permitía a los futuros ingenieros relacionarse con el saber aplicado desde un inicio, brindándoles herramientas básicas para proseguir con otros cursos que hacían énfasis este aspecto. De este modo, era imperioso que el nuevo plan de estudios incorporara la física como uno de los ejes principales en la formación de los ingenieros, tal y como Estados Unidos, Francia y Alemania lo habían implementado en sus reformas a esta profesión, desarrollo así la denominada “física industrial”. En consecuencia, se necesitaba que la Escuela de Ingeniería contara con laboratorios modernos y con la infraestructura adecuada para que sus estudiantes estuvieran en contacto con la física experimental y aplicaran lo aprendido en los procesos industriales, modernizando la producción fabril.

En conclusión, la física representaba en materia educacional una aliada invaluable para fomentar el conocimiento aplicado a la industria, lo que generaría mayor empleabilidad para los ingenieros y un aumento en la productividad nacional. El nuevo programa de ingeniería estaba ideado para que sus egresados estuvieran vinculados con las necesidades económicas del país y fomentar los saberes útiles, lo cual fue promovido por estos mismos profesionales organizados en el Instituto de Ingenieros.

REFERENCIAS

- Fuentes primarias

- Archivo Nacional Histórico (ANH), Santiago-Chile, Fondo Universidad de Chile, Vols. 31 y 34.
- Archivo Nacional de la Administración (ARNAD), Santiago-Chile, Fondo Ministerio de Educación, Vols. 3231, 3626, 3801 y 4237.
- Alcalde, Enrique. "El curso de Ingeniería Civil". *Revista Universitaria*, Año 1, N° 2, 1915.
- Almeyda, Manuel. "Las ideas actuales sobre termodinámica". *Anales del Instituto de Ingenieros de Chile*, N° 5, 1918.
- Almeyda, Manuel. "La teoría de la gravitación de Einstein y la nueva concepción del Universo". *Anales del Instituto de Ingenieros de Chile*, N° 8, 1920.
- Bertrand, Alejandro. "Observaciones sobre la necesidad de una mejor organización de la literatura técnica chilena". *Anales del Instituto de Ingenieros de Chile*, N° 7, 1917.
- "Documentos. Reformas en la enseñanza técnica". *Anales del Instituto de Ingenieros de Chile*, N° 11, 1918.
- "Escuela de Ingeniería y Arquitectura". *Anales del Instituto de Ingenieros de Chile*, N° 4, 1922.
- "Escuela de Química Industrial". *Atenea*, Año 1, N° 3, 1924.
- Hoerning, Carlos. "El ingeniero ante la opinión pública", *Anales del Instituto de Ingenieros de Chile*, N° 1, 1917.
- "Labor de la Facultad de Matemáticas". *Anales de la Universidad de Chile*, Tomo 159, 1922.
- Lanzaeta, Eleazar. "Reforma de la Ingeniería". *Anales del Instituto de Ingenieros de Chile*, N° 8, 1918.
- Letelier, Miguel. "Orientaciones sobre la enseñanza de la Ingeniería". *Anales del Instituto de Ingenieros de Chile*, N° 8, 1918.
- Letelier, Miguel. "Acción Social del Injeniero". *Anales de la Universidad de Chile*, Tomo 143, 1919.
- Lira, Gustavo. "El nuevo edificio de la Escuela de Ingeniería de la Universidad de Chile". *Anales del Instituto de Ingenieros de Chile*, N° 3, 1922.
- Poenisch, Ricardo. "Sobre la enseñanza de las matemáticas en las Escuelas Técnicas Superiores y en la preparación del profesorado". *Anales del Instituto de Ingenieros de Chile*, N° 5, 1920.
- Salas, Ramón. "Ideas sobre reforma de la enseñanza técnica". *Anales del Instituto de Ingenieros de Chile*, N° 9, 1918.
- Simón, Raúl. "Inauguración de la Escuela de Ingeniería". *Anales del Instituto de Ingenieros de Chile*, N° 4, 1922.
- Simpson, Ricardo. "Nuevas orientaciones en la enseñanza de la Ingeniería". *Anales del Instituto de Ingenieros de Chile*, N° 7, 1917.
- Torres, Jorge. "Necesidades de la enseñanza técnica". *Anales del Instituto de Ingenieros de Chile*, N° 8, 1918.
- Fuentes secundarias
- Cabral, Regis. "International politics and development of the exact science in Latin America". En *Science in Latin America. A history*, editado por Juan José Saldaña. Texas: University of Texas, 2006, 241-256.

- Conejeros, Juan Pablo. “De la francomanía al embrujo alemán. Alcances en torno al rol de los agentes mediatizadores en el proceso de transferencia cultural alemana en la educación chilena (1880-1910)”. En *Historia social de la educación chilena. Tomo 1*, editado por Benjamín Silva. Santiago: Ediciones Universidad Tecnológica Metropolitana, 2015, 36-67.
- Daston, Lorraine. “La objetividad y la comunidad cósmica”. En *Teoría de la cultura: Un mapa de la cuestión*, editado por Gerhart Shöder y Helga Breuninger. Buenos Aires: Fondo de Cultura Económica, 2005, 131-156.
- Escauriaz, Cristián y Jorge Giromás. “Ramón Salas Edwards, la ciencia y la misión integral del ingeniero”. En *Escurrimiento variado de agua en los canales*, Ramón Salas Edwards. Santiago: Biblioteca Fundamentos de la Construcción de Chile, 2012, ix-lix.
- Flores, Andrea. “Ingeniería e ingenieros en la historiografía chilena”. *Historia* 396, Vol. 7, N° 2, 2017.
- Galison, Peter. “Buildings and the Subject of Science”. En *The Architecture of Science*, editado por Peter Galison y Emily Thompson. Massachusetts: The MIT Press, 1999, 1-25.
- Glick, Thomas. “Science and society in twentieth-century Latin America”. En *The Cambridge History of Latin America. Volumen VI*, editado por Leslie Bethell. New York: Cambridge University Press, 1994, 463-535.
- Golinski, Jan. *Making Natural Knowledge: Constructivism and the History of Science*. Cambridge: Cambridge University Press, 1998.
- González, Marianne. *De empleados a empresarios. Clase media y Estado docente en Chile, 1810-1920*. Santiago: LOM Editores, 2011.
- Gutiérrez, Claudio y Flavio Gutiérrez. “Física: su trayectoria en Chile”. *Historia*, N° 39, 2006.
- Gutiérrez, Claudio y Michael Reynolds. “Institucionalización y profesionalización de la Ingeniería en Chile”. *Quipu, Revista Latinoamericana de Historia de las Ciencias y la Tecnología*, Vol. 16, N° 1, 2014.
- Heilbron, John. *Physics: A short History from Quintessence to Quarks*. Oxford: Oxford University Press, 2015.
- Held, Gastón. *Apuntes para una historia de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile*. Santiago: Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile, 1989.
- Ibáñez, Adolfo. “Los Ingenieros, el Estado y la política. Del Ministerio de Fomento a la Corporación de Fomento. 1927-1939”. *Historia*, N° 18, 1983.
- Krebs, Ricardo, Muñoz, María Angélica y Patricio Valdivieso. *Historia de la Pontificia Universidad Católica de Chile*. Santiago: Ediciones Universidad Católica de Chile, 1994.
- Kragh, Helge. *Quantum Generation. A History of Physics in the Twentieth Century*. Princeton: Princeton University Press, 1999.
- Labarca, Amanda. *Historia de la Enseñanza en Chile*. Santiago: Imprenta Universitaria, 1939.
- Leyton, Patricio. “La recepción de los Rayos X en Santiago de Chile: Circulación y apropiación de la física experimental a fines del siglo XIX”. *Revista Contenido*, N° 7, 2016.
- Leyton, Patricio. “La física en la Escuela de Ingeniería de la Universidad de Chile (1914-1922): Ingenieros, educación y ciencia”. En *Una aproximación al desarrollo de las ciencias en Chile: 1900-1950*, editado por Zenobio Saldivia (en prensa).

- Livingstone, David. *Putting Science in its place: Geographies and Scientific Knowledge*. Chicago: Chicago University Press, 2003.
- Martens, Patricio. "La física en Chile". En *Una visión de la comunidad científica nacional*. Santiago: Ediciones CPU, 1981, 25-53.
- Mellafe, Rolnado, Antonia Rebolledo y Mario Cárdenas. *Historia de la Universidad de Chile*. Santiago: Ediciones Universidad de Chile, 1992.
- Morus, Iwan. *When Physics Become King*. Chicago: University of Chicago Press, 2005.
- Muñoz, Carlos. *Historia de la Facultad de Ingeniería*. Concepción, Ediciones Universidad de Concepción, 1992.
- Ophir, Adi y Steven Shapin. "The place of knowledge a methodological survey". *Science in context*, Vol. 4, N° 1, 1991.
- Orellana, María Isabel. *Sentimientos en busca de ciencia: Inicios de la educación científica femenina en Chile (1870-1930)*. Santiago: Museo de la Educación Gabriela Mistral, 2015.
- Parada, Jaime. "La profesión de ingeniero y los *Anales del Instituto de Ingenieros de Chile*. 1840-1927". En *Anales del Instituto de Ingenieros de Chile: Ingeniería y sociedad*. Santiago: Biblioteca Fundamentos de la Construcción de Chile, 2011, ix-lxxvii.
- Ponce de León, Macarena, Rengifo, Francisca y María José Vial. *Ayer y hoy. Escuela de Ingeniería Pontificia Universidad Católica de Chile*. Santiago: Ediciones Universidad Católica de Chile, 2002.
- Renn, Jürgen. "From the History of Science to the History of Knowledge – and Back". *Centarus*, Vol. 57, N° 1, 2015.
- Roberts, Lissa. "Situating Science in Global History: Local Exchanges and Networks of Circulation". *Itinerario*, Vol. 33, N° 1, 2009.
- Saavedra, Igor. "Antecedentes acerca de la historia de la física en Chile". *Boletín de la Academia Chilena de la Historia*, Vol. 49, N° 93, 1982.
- Salazar, Gabriel. *Mercaderes, empresarios y capitalistas (Chile, siglo XIX)*. Santiago: Editorial Sudamericana, 2011.
- Sanhueza, Carlos, Lorena Valderrama y Joan Cornejo. *La Escuela de Ingeniería de la Universidad de Chile. A 100 años del nombramiento de su primer Director*. Santiago: Maval, 2017.
- Secord, James. "Science in transit". *Isis*, Vol. 95, N° 4, 2004.
- Serrano, Sol. *Universidad y nación: Chile en el siglo XIX*. Santiago: Editorial Universitaria, 1994.
- Shinn, Terry. "The industry, research, and education nexus". En *The Modern Physical and Mathematical Sciences*, editado por Mary Jo Nye. Cambridge: Cambridge University Press, 2008, 133-153.
- Valenzuela, Luis. *Los orígenes de la matemática en Chile y su enseñanza hasta 1930*. Santiago: Universidad Central de Chile, 2011.
- Villalobos, Sergio (ed.). *Historia de la Ingeniería en Chile*. Santiago: Hachette, 1990.
- Vogel, Eugenio. "Aspectos históricos del surgimiento y desarrollo de la física en Chile durante el siglo XX". *Revista Mexicana de Física*, Vol. 48, N° 3, 2002.