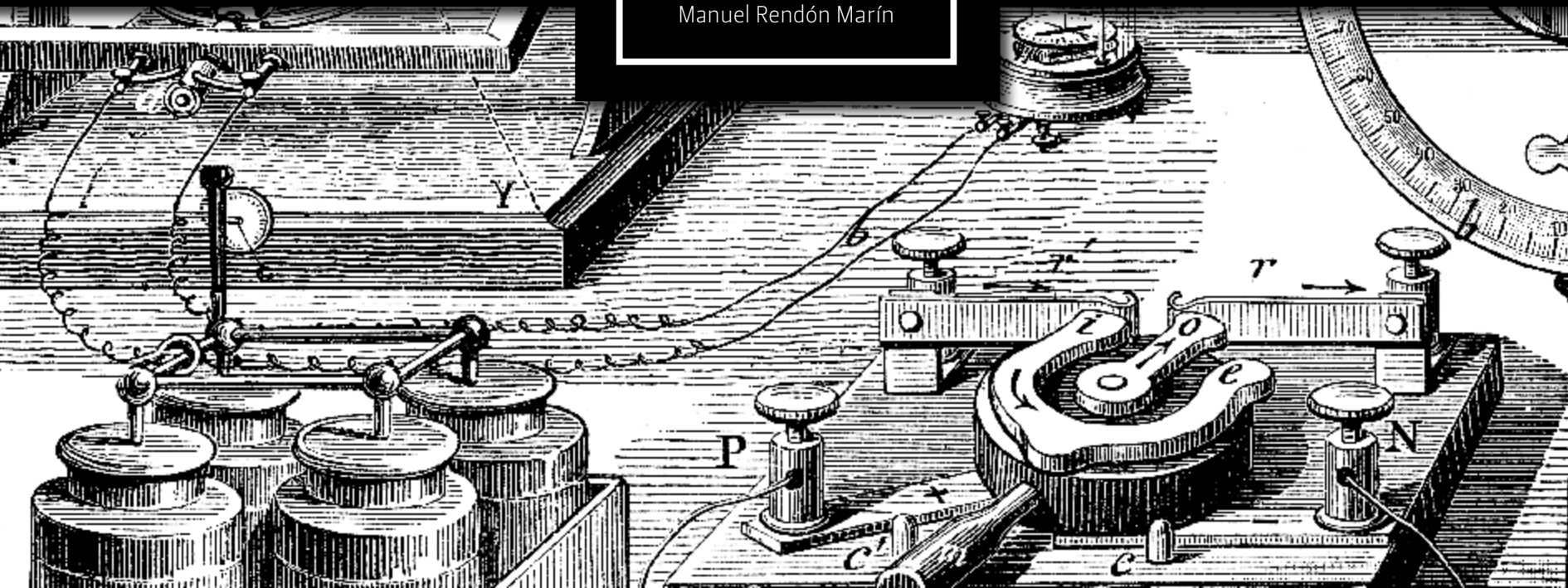


FACULTAD
DE INGENIERÍA
DE LA BUAP
ORIGEN Y EVOLUCIÓN

Manuel Rendón Moredia
Manuel Rendón Marín



FACULTAD
DE INGENIERÍA
DE LA BUAP
ORIGEN Y EVOLUCIÓN

Manuel Rendón Moredia
Manuel Rendón Marín



Benemérita Universidad Autónoma de Puebla

José Alfonso Esparza Ortiz
Rector

René Valdiviezo Sandoval
Secretario General

Oscar Gilbón Rosete
Tesorero General

Edgar Iram Villagrán Arroyo
Director de la Facultad de Ingeniería

Editorial Lapsilázuli
Diseño y producción

Alfonso Yáñez Delgado
Edición

Rafael Gutiérrez Sánchez
Diseño y formación

Juan Jorge Ayala Sánchez
Corrección

Facultad de Ingeniería de la BUAP, origen y evolución
Primera edición, agosto 2017. ISBN: 978-607-525-348-0

Hecho en México | *Made in Mexico*

DESCUBRIR EN EL PASADO LA CARGA DEL FUTURO

En la primera propuesta para ocupar el cargo de rector, sostuve que es socialmente reconocido que el mayor número de mentes brillantes y creativas del estado se concentran en la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, sin que ello demerite otros centros de investigación o producción; esto ha sido posible por la rica historia que tiene la institución en cuanto a la transmisión del conocimiento, la perseverancia en la investigación y en la custodia y protección del patrimonio universitario; una muestra para tal afirmación nos la da el libro *Facultad de Ingeniería de la BUAP, origen y evolución*, de los maestros Manuel Rendón Moredia y Manuel Rendón Marín.

Con su trabajo, los citados maestros nos llevan desde las primeras escuelas de ingeniería en nuestro país hasta nuestra Facultad en el siglo XXI y nos introducen en las concepciones sobre la tecnología y la ciencia ilustrando sus saberes con reproducciones gráficas de instrumentos científicos y maquinaria ingenieril digna de admirarse.

Trabajos como el que nos ocupa, lo he afirmado en otros foros, refuerza la vinculación social, cultural y política con los diversos grupos que componen la sociedad, además de que nos permite saber los diversos aportes que esta misma sociedad (plural, multiétnica y multilingüística) ha hecho a instituciones educativas como la BUAP.

Consciente de lo anterior, la rectoría a mi cargo construyó un nuevo edificio de aulas con mil 700 metros cuadrados. El Plan de Desarrollo Institucional, que aprobó la comunidad universitaria, tiene como meta lograr que los equipos y tecnologías de la información, así como laboratorios, aulas, talleres, bibliotecas y centros de información reúnan las características de cantidad y calidad requeridas para la correcta operación de los programas educativos, culturales y el desarrollo personal de nuestros estudiantes y profesores, entre ellos, los de la Facultad de Ingeniería.

Al claustro universitario y la sociedad en general debemos acercar expresiones artísticas e información de primer nivel como se hace en la obra que el lector tiene en sus manos, teniendo siempre presente que la Universidad es sociedad y la sociedad es Universidad.

José Alfonso Esparza Ortiz
Rector

DEDICATORIA

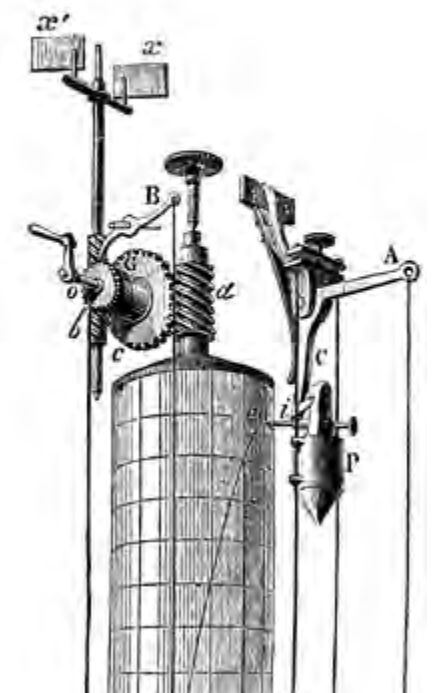
A mis amadas Norma Beatriz y Valentina por su osadía.
A mi madre Isabel del Carmen por ser una fuente inagotable de motivación.
Manuel Rendón Marín

A mi esposa Isabel del Carmen, con mi cariño y agradecimiento.
Manuel Rendón Moredía

AGRADECIMIENTOS

Por las atenciones y facilidades brindadas nuestro agradecimiento a las siguientes personas:

M. I. Ruth Flores Salazar, jefe de Laboratorio Integral de la Facultad de Ingeniería;
Lic. Ma. Elsa Guadalupe Hernández y Martínez, directora del Museo Universitario;
Lic. Manuel E. de Santiago Hernández, director de la Biblioteca José María Lafragua;
a los investigadores, doctores Carlos Contreras Cruz, Jesús Márquez Carrillo y Leticia Gamboa Ojeda. A la doctora Ma. Auxilio Osorio Lama, directora de la Facultad de Ingeniería Química. Nuestro especial reconocimiento al C.P. Alfonso Yáñez Delgado, por el apoyo brindado a lo largo del desarrollo del presente trabajo.



A MANERA DE PRÓLOGO

INGENIERO. f. m.

El que discurre trazas y modos para executar,
ò conseguir alguna cosa [...].

INGENIERO

Se llama también el que discurre, dispone y traza máquinas y artificios en la arquitectura Militar, para defensa ò ofensa de las fortalezas. Es empleo de la Milicia. Lat. Machinarius. vel Machinator. Recop. de Ind. lib. 3. tit. 6. l. 3. Ha de tocar al Ingeniero ordenar al Maestro Mayór, aparejador y oficiales de cantería lo que han de hacer [...].

Diccionario de la lengua castellana: en el que se explica el verdadero sentido de las voces.../ compuesto por la Real Academia Española; tomo primero [-sexto]. En Madrid, en la Imprenta de Francisco del Hierro, impresor de la Real Academia Española, 1726 [-1739].

Diversas circunstancias —afortunadas todas, aunque apremiantes algunas— me han llevado a prologar una obra cuyo contenido académico estricto no es de mi competencia especializada, pero en una aparente paradoja el tema de que trata se encuentra alrededor de toda mi vida y con total seguridad en la de ustedes, amables lectores; desde el ámbito privado e íntimo inclusive, propio de cada quien, hasta el entorno social que nos ha tocado compartir.

¿Qué es aquello que envuelve toda nuestra existencia, aparte de las cosas del mundo natural? La respuesta la encontraremos en las páginas de este libro que trata en suma de la construcción laboriosa, no exenta de desviaciones, peligros y excesos, del paisaje cultural construido por el hombre a lo largo de su historia, quien es auxiliado en esta enorme tarea por los mismos ingenios que él mismo ha creado y que le sirven como fieles vasallos.

En este mundo de hoy, convulsionado por múltiples problemas y en cierto grado deshumanizado, nuestra existencia transcurre muy de prisa sin que nos detengamos por un momento para reflexionar acerca de aquello que es fundamental para nuestras vidas, mucho

menos nos ocupamos de pensar en el origen de las cosas que nos rodean y de los principios que rigen su funcionamiento; cuando todo se nos ha dado ya hecho, resuelto, y por ello nos resulta ordinario, sin importancia... “normal”. Pero cuando llega a suceder que nos quedamos sin energía eléctrica en nuestra casa, por ejemplo, prácticamente se interrumpen todos nuestros quehaceres y lo siguiente es buscar ansiosamente la solución del problema mediante un reporte a la compañía que nos suministra este servicio, pues lo primero que ocurre es que no podemos usar nuestros electrodomésticos, tanto aquellos que nos proporcionan entretenimiento, como los que nos facilitan la vida; la tensión aumenta en la medida en que la falla tarda en solucionarse porque, entonces, en pocas palabras, nuestro mundillo inmediato y práctico colapsa estrepitosamente.

Valga el ejemplo trivial para darnos cuenta mínimamente de nuestra indiferencia habitual hacia estos temas, pero también de la importancia y la dependencia que tienen para nuestra vida en sociedad todos aquellos conocimientos de la ciencia y el colosal equipamiento que la ingeniería ha producido a partir de ella: en la salud y el saneamiento, en la edificación, en la observación astronómica, en los alimentos, en el transporte, en la investigación de la mayoría de las ciencias y en la impresión de este mismo texto que, en su origen, se debió al conjunto de inventos de Gutenberg.

Pues precisamente de todos estos asuntos trata este libro que ha sido preparado a partir de los profundos conocimientos teóricos y la práctica experimental de sus autores. Nos ofrece un panorama extraordinariamente diáfano de la evolución de las ciencias y de sus aplicaciones en multitud de aspectos de la vida cotidiana y de la propia existencia de la sociedad, haciendo hincapié en la enseñanza de las disciplinas naturales en el mundo, en México y particularmente en el estado de Puebla, donde el Colegio del Estado, institución decimonónica que devino Universidad Autónoma de Puebla, hoy Benemérita, ha mantenido un papel relevante en la formación de profesionales para la región que constituye su entorno inmediato y aún más allá de sus fronteras estatales y nacionales. Esto constituye la parte sustancial del libro.

La enseñanza de las ciencias naturales y de sus aplicaciones en el Colegio del Estado y en la universidad puede constatarse a través del conjunto de aparatos, que han sobrevivido al huracán transformador, y que forman parte de la colección del Museo Universitario de la BUAP. Dichos aparatos pertenecieron en su origen, principalmente, al Gabinete de Física del Colegio y fueron la sustancia de la práctica y experimentación de la enseñanza que se impartía en él; instrumentos indispensables para la comprensión cabal de los estudiantes acerca de los múltiples fenómenos del mundo material. Es oportuno mencionar que dichos aparatos constituyeron la tecnología de punta en su tiempo y que formaban parte del patrimonio de la institución.

Otra evidencia palmaria de la enseñanza de la ciencia en nuestra universidad es la presencia en la colección general de la Biblioteca Histórica José María Lafragua, de un número importante de libros europeos en su mayoría —con plena vigencia en su momento— correspondientes a temas de matemáticas, física y sus partes como mecánica, óptica, electricidad; así como abundantes libros de química y biología. Por otro lado, el Archivo Histórico de nuestra institución resguarda los documentos correspondientes al Colegio del Estado en los que se encuentra valiosa información de la vida institucional, desde lo académico hasta lo administrativo; por lo que el conjunto de objetos del patrimonio universitario que se conservan en estas tres dependencias son testimonios únicos del estado de los conocimientos que se impartían en Puebla y que han sido aprovechados en esta obra.

No quiero dejar de advertir a los lectores que dentro de las numerosas ilustraciones que acompañan al texto y que lo convierten en un conjunto plenamente didáctico de lecciones de ciencias naturales, muchas de ellas corresponden a imágenes de los instrumentos, aparatos y demostraciones experimentales que han reproducido y realizado el ingeniero Manuel Rendón Moredia y el doctor Manuel Rendón Marín; es por dicha razón que los autores de esta obra no pueden considerarse sólo personas informadas y divulgadoras, sino plenamente formadas en las ciencias. Pero existe un añadido sin el cual la sapiencia sola no alcanzaría la proyección social que le auguro a esta obra; y es la intensa emoción y compromiso que ambos han puesto en la investigación, en la recopilación y selección cuidadosa de los datos, ejemplos, bibliografía y fotografías que la integran.

No me resta más que agradecer la distinción que me han hecho los autores de este libro al permitirme presentarlo; uno de ellos fue mi maestro, exigente como los buenos maestros; el otro, su hijo, continuador del padre y con suficientes méritos propios también: ambos científicos y profesionales de dos ramas de la ingeniería.

Este primer paso editorial, representado por este sencillo paratexto a manera de Prólogo, tiene la única intención de correr un simbólico telón para que ustedes lean y recorran directamente las páginas de una obra singular que seguramente va a contribuir a llenar el espacio que el estudio de la enseñanza de ciencias, llamadas exactas, mantiene en el panorama de la historiografía regional.

Manuel E. de Santiago Hernández
Puebla, Pue. otoño del 2015

ÍNDICE GENERAL

Índice de figuras	19
CAPÍTULO 1	
INTRODUCCIÓN	33
1.1. La Escuela de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Puebla en los umbrales del siglo XXI	35
1.2. Ingeniería y ciencia	36
1.2.1. El ingeniero y el científico	36
1.2.2. Concepciones sobre la ciencia y la tecnología	38
CAPÍTULO 2	
LA INGENIERÍA EN LA HISTORIA	41
2.1. Las primeras escuelas de Ingeniería	47
2.1.1. Salud pública	51
2.2. Ingeniería Mecánica	55
2.2.1. El futuro de la Ingeniería Mecánica	74
2.3. Electricidad, Ingeniería Eléctrica y Electrónica	77
2.3.1. Ingeniería Química	137
2.3.2. Ingeniería Biomédica	140
2.4. Aparatos para el cálculo	147
CAPÍTULO 3	
LA INGENIERÍA EN MÉXICO	151
3.1. Enseñanza universitaria	154
3.2. Enseñanza politécnica	158
CAPÍTULO 4	
LA INGENIERÍA EN PUEBLA	165
4.1. El Colegio del Estado de Puebla	167
4.2. Facultad de Ingeniería. Segunda etapa	210
4.2.1. Creación de la Facultad de Ingeniería Química	216
4.3. Nota sobre la Facultad de Ciencias Físico Matemáticas	248

	CAPÍTULO 5	
	GABINETES DE FÍSICA Y QUÍMICA	255
	5.1. Gabinete de Física del Colegio del Estado	263
	CAPÍTULO 6	
	FOTOGRAFÍAS DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA	269
	CAPÍTULO 7	
	APARATOS DEL MUSEO	285
	7.1. Mecánica	292
	7.2. Hidráulica	298
	7.3. Gases	306
	7.4. Acústica	320
	7.5. Óptica	330
	7.6. Electricidad y magnetismo	344
	7.6.1. Electrostática	344
	7.6.2. Electrodinámica	360
	7.7. Sismología y meteorología	378
	7.8. Calculadora mecánica de tambor	386
	7.9. Colecciones de instrumentos científicos antiguos en el mundo	389
	CAPÍTULO 8	
	BIBLIOTECA HISTÓRICA JOSÉ MARÍA LAFRAGUA DE LA BUAP	391
	BIBLIOGRAFÍA	409



ÍNDICE DE FIGURAS

1. Máquina magnetoeléctrica de Nollet **29**
2. Máquina de Gramme **30**
3. Bujía eléctrica de Jablochhoff **31**

- 2.1. Pont du Gard, Avignon, Francia **45**
- 2.2. Botareles de la catedral de San Esteban en Bourges, Francia **46**
- 2.3. John Smeaton **48**
- 2.4. Puente colgante de Menai entre Gales y la isla de Anglesey **49**
- 2.5. Viaducto Garabit en Auvergne, Francia **50**
- 2.6. Joseph Bazalgette **52**
- 2.7. La Catedral de las Alcantarillas **53**
- 2.8. El saltador de caminos silencioso **54**
- 2.9. Eolípila de Herón **56**
- 2.10. (a) Prensa para uvas. (b) Prensa para pacas de algodón **57**
- 2.11. Mecanismo de un molino de viento **58**
- 2.12. Primitivas ruedas de engranajes **59**
- 2.13. Molino para extracción de aceite **60**
- 2.14. Calandria de tintorero **60**
- 2.15. Molino para trigo **61**
- 2.16. Telar Falcon **61**
- 2.17. Modelo de la máquina de Newcomen del siglo XVIII **62**
- 2.18. Máquina de vapor Corliss **64**
- 2.19. Locomóvil **65**
- 2.20. Máquina de vapor estacionaria **66**
- 2.21. Máquina Sterling **67**
- 2.22. Locomotora de principios del siglo XIX **68**
- 2.23. (a) The Rocket (1829) de George Stephenson. (b) Primitivo carruaje de vapor **69**
- 2.24. Turbo generador de vapor por C. Parsons **70**
- 2.25. Gran máquina de vapor estacionaria **71**
- 2.26. Sala de telares **71**
- 2.27. Camión de vapor **72**
- 2.28. Planta eléctrica diesel **73**

- 2.29. Manual de carreras de Ingeniería **73**
- 2.30. Motor de avión **74**
- 2.31. Tren de alta velocidad **75**
- 2.32. Planta eléctrica con motor de vapor recíprocante **76**
- 2.33. Descargas eléctricas **78**
- 2.34. Alegoría sobre la electricidad al servicio de la humanidad **79**
- 2.35. William Gilbert **80**
- 2.36. Experimento de Musschenbroek **81**
- 2.37. Benjamin Franklin **82**
- 2.38. Experimento de Galvani **83**
- 2.39. Luigi Galvani **84**
- 2.40. (a) Alessandro Volta. (b) Pila de Volta **85**
- 2.41. Napoleón observando la pila de Volta **86**
- 2.42. Hans Christian Ørsted y experimento **87**
- 2.43. Experimento de Ørsted **88**
- 2.44. André-Marie Ampère **89**
- 2.45. Georg Ohm **90**
- 2.46. Michael Faraday **91**
- 2.47. Joseph Henry **92**
- 2.48. Espectro de la luz blanca obtenido mediante un prisma **93**
- 2.49. Espectro de la luz blanca obtenido mediante un rejilla de difracción **94**
- 2.50. Espectroscopio moderno con prisma **95**
- 2.51. James Clerk Maxwell **95**
- 2.52. Ecuaciones de Maxwell **96**
- 2.53. Generador de Pacinotti **98**
- 2.54. Antonio Pacinotti **98**
- 2.55. Dínamo de Gramme **99**
- 2.56. Zénobe Théophile Gramme **100**
- 2.57. Dínamo de Gramme **100**
- 2.58. Motor de inducción **101**
- 2.59. Werner von Siemens **101**
- 2.60. George Westinghouse Jr. **102**
- 2.61. Alexander Graham Bell **103**
- 2.62. Teléfono del año 1875 **103**
- 2.63. Servicios de ingeniería ofrecidos por Pope y Edison **104**
- 2.64. Tranvía eléctrico de Francfort a Offenbach **105**
- 2.65. Generador eléctrico del ferrocarril Francfort–Offenbach **105**
- 2.66. Antoine Hippolyte Pixii **106**
- 2.67. Generador de Pixii **106**
- 2.68. Generador sencillo tipo Pixii **107**
- 2.69. Thomas A. Edison **108**
- 2.70. Gran procesión de la luz eléctrica **109**
- 2.71. Exposición de electricidad en Filadelfia, 1884 **110**
- 2.72. Gráfica de la corriente alterna **110**
- 2.73. Nikola Tesla **111**
- 2.74. Descargas eléctricas en una bobina de Tesla **111**
- 2.75. Charles Steinmetz **112**
- 2.76. Carrete de Ruhmkorff **113**
- 2.77. Máquina Neumática con dos cuerpos de bomba **115**
- 2.78. Máquina neumática circa 1940 **116**
- 2.79. V Congreso de Física Solvay, 1927 **117**
- 2.80. Una Revolución en el Concepto Físico del Mundo **117**
- 2.81. Johann Wilhelm Hittorf **118**
- 2.82. Sir William Crookes **118**
- 2.83. Heinrich Geissler **118**
- 2.84. Julius Plücker **119**
- 2.85. Wilhelm Conrad Röntgen **119**
- 2.86. Tubos de Geissler **120**
- 2.87. Descargas eléctricas en tubos con diferentes grados de enrarecimiento **120**
- 2.88. Aparato original de rayos X **121**
- 2.89. Aparato de rayos X en funcionamiento **122**
- 2.90. Guglielmo Marconi **123**
- 2.91. (a) Detector de ondas electromagnéticas. (b) Cohesor **124**
- 2.92. Réplica de las instalaciones de telegrafía inalámbrica del Titanic **125**
- 2.93. Heinrich Rudolf Hertz **126**
- 2.94. Aparato de Hertz **127**
- 2.95. Lee De Forest **128**
- 2.96. Policía Alemán con aparato de radio, 1925 **129**
- 2.97. Diodo de Fleming **131**
- 2.98. (a) Sir Joseph John Thomson. (b) Tubo para la determinación de $e=m$ del electrón **132**
- 2.99. Aparato para la determinación de la relación $e=m$ del electrón **133**
- 2.100. Amplificación del tubo electrónico **134**
- 2.101. Tubos electrónicos circa 1930 **135**
- 2.102. William Shockley, John Bardeen y Walter H. Brattain en los laboratorios Bell, 1948 **136**
- 2.103. Transistor de 1947 **137**
- 2.104. Pintura del siglo XVI de Stradanos **138**

- 2.105. Planta Bayer en Leverkusen, Alemania **139**
- 2.106. Microscopio de Leeuwenhoek **141**
- 2.107. Microscopio compuesto construido en 1755 **141**
- 2.108. Salón de Electroterapia del doctor Bruce en 1905 **142**
- 2.109. Electrocardiógrafo **143**
- 2.110. Aparato de resonancia magnética nuclear **144**
- 2.111. Visualización del interior del cráneo por RMN **144**
- 2.112. Hermann von Helmholtz **145**
- 2.113. Crustáceo Estomatópodo **146**
- 2.114. Máquina de calcular de M. Hahn (1770–1774) **148**
- 2.115. Regla de cálculo **149**
- 2.116. Calculadora Curta **149**
- 3.1. Palacio de Minería **154**
- 3.2. Fausto de Elhúyar **155**
- 3.3. Emblema y uniforme del Real Seminario de Minería **156**
- 3.4. Curso de Geodesia **157**
- 3.5. Teodolito del siglo XVIII **158**
- 3.6. Ing. Juan de Dios Bátiz y el presidente Lázaro Cárdenas **159**
- 3.7. Construcción de las escuelas del IPN en 1937 **160**
- 3.8. Talleres de automotores del IPN en 1940 **163**
- 4.1. Reglamento general de estudios, 1855 **167**
- 4.2. Estudios ofrecidos por el Colegio del Estado de Puebla, 1862 **168**
- 4.3. Estudios de Agrimensura, 1862 **169**
- 4.4. Libro de Matrículas del Colegio del Estado, 1870 **171**
- 4.5. Primer curso de química impartido en el Colegio del Estado **172**
- 4.6. Almacén de instrumentos y aparatos de química **173**
- 4.7. Decreto del Licenciado Juan Gómez **174**
- 4.8. (a) Ing. Miguel J. Espino. (b) Ing. Abraham García. (c) Ing. Ángel Cabrera **176**
- 4.9. (a) Ing. Manuel Carrasco. (b) Ing. Eduardo del Valle **177**
- 4.10. Gabinete de historia natural **178**
- 4.11. Ing. Pedro J. Sentíes **179**
- 4.12. Programa de Ingeniero Topógrafo e Hidromensor en 1884 **180**
- 4.13. Ferrocarril en la cañada de Metlac **181**
- 4.14. Despacho Central del Colegio del Estado **181**
- 4.15. Juan de la Granja **182**
- 4.16. Magneta de campaña **183**
- 4.17. Placa en el museo Juan de la Granja **184**
- 4.18. Lámpara de arco con regulador **185**
- 4.19. Inauguración del ramal Apizaco–Puebla del F. M **186**
- 4.20. Gabinete de física del Colegio del Estado **186**
- 4.21. Gabinete de rayos X y electroterapia **187**
- 4.22. (a) Señor Lic. Don J. Rafael Isunza. (b) Profesor de Farmacia Don Alfredo Fenochio. (c) Doctor Don Francisco L. Casián. (d) Ing. Don Francisco de P. Tenorio **188**
- 4.23. (e) Ing. Salvador Morales. (f) Ing. Gabriel Espino. (g) Ing. Don Benigno González **189**
- 4.24. Programa de estudios del Colegio del Estado en 1910 **191**
- 4.25. Telescopio fotoecuatorial **192**
- 4.26. Instrumentos del observatorio meteorológico **194**
- 4.27. Gabinete de bacteriología **195**
- 4.28. Biblioteca José María Lafragua circa 1920 **196**
- 4.29. Generadores eléctricos situados en la calle del nopalito **198**
- 4.30. Hidroeléctrica de Portezuelo **199**
- 4.31. (a) Tubería de presión y, (b) un alternador de la central hidroeléctrica de Portezuelo, Atlixco, Puebla **200**
- 4.32. Caricatura en 1874 **201**
- 4.33. Ing. Roberto Gayol **202**
- 4.34. Noticia sobre la enseñanza por A. Fenochio **203**
- 4.35. Noticia sobre las aplicaciones de la electricidad por B. González **204**
- 4.36. Nota sobre la enseñanza de la electricidad **206**
- 4.37. Planta generadora de electricidad del Colegio del Estado **207**
- 4.38. Estación sismológica **209**
- 4.39. Máquina para tendido de carpeta asfáltica **211**
- 4.40. Maquinaria francesa para la construcción de carreteras circa 1868 **211**
- 4.41. Construcción de la carretera México–Puebla en 1920 **212**
- 4.42. Puerta de la Facultad de Ingeniería **212**
- 4.43. Acreditación del Ing. Arcadio Medel Marín **213**
- 4.44. Fotografía de un pasillo en “Las Catacumbas” **214**
- 4.45. Alumnos de la Escuela de Ingeniería Civil (generación 1957–1961) **215**
- 4.46. Facultad de Ingeniería Química (junio 2015) **216**
- 4.47. Laboratorio de operaciones unitarias **217**
- 4.48. Unidad de dos reactores biológicos **218**
- 4.49. Espectrofotómetro de absorción atómica **218**
- 4.50. Ing. Joaquín Ancona Albertos **221**
- 4.51. Ing. Enrique Allende y Gómez **222**
- 4.52. Ing. Alfredo Lobato Velázquez **223**
- 4.53. Máquina Universal RIEHLE **225**

- 4.54. Copia del pedido de la máquina universal **226**
- 4.55. Carta de Ohio State University **227**
- 4.56. Solicitud del Ing. Joaquín Ancona Albertos para publicidad **228**
- 4.57. Ing. Carlos M. Blanco y de Castro **229**
- 4.58. Proyecto para la creación de Institutos de Ingeniería Civil y Física **230**
- 4.59. Continuación de la Figura 4.58 **231**
- 4.60. (a) Ing. Sebastián Flores López. (b) Ing. Francisco Melgarejo Nanni. (c) Ing. Sergio Zepeda Cornejo. (d) Ing. Felipe Spota Márquez **232**
- 4.61. Ingenieros (a) Antonio Osorio García. (b) Miguel Ángel Pérez Peredo. (c) Héctor Gómez Calzada. (d) Álvaro Sánchez Solís **234**
- 4.62. (a) Ing. Raúl López Bretón. (b) Ing. Amado Rivera Sierra. (c) Ing. Militar José Sánchez Rodríguez. (d) Ing. Militar Marco Aurelio Barocio Lozano **236**
- 4.63. Ing. Alicia Mercedes Bonilla y Morales **237**
- 4.64. Homenaje a maestros **238**
- 4.65. Inauguración de laboratorios a principio de la década de los 70 **239**
- 4.66. Convocatoria de la CFE **240**
- 4.67. Rector de la BUAP, Lic. José Marún Doger Corte **241**
- 4.68. Oficio de Rectoría **242**
- 4.69. Ing. Jacinto Viqueira Landa **243**
- 4.70. (a) Interior del auditorio y (b) Vestíbulo de la Escuela durante la conferencia del Ing. Viqueira **244**
- 4.71. De izquierda a derecha Ing. Manuel Rendón Moredía, Dr. Jorge Antonio Rodríguez Morgado, Mtro. Antonio Macías Cervantes **245**
- 4.72. (a) Ing. Helmut Lau Nader. (b) Ing. Manuel Luna Ruiz. (c) Dr. Jorge Antonio Rodríguez Morgado. (d) Mtro. Nicolás Fueyo Mc Donald **246**
- 4.73. (e) Ing. Ángel Cecilio Guerrero Zamora. (f) Mtro. José Ciro Ignacio Morales Hernández **247**
- 4.74. Facultad de Ingeniería en el 2015 **250**
- 4.75. Inauguración de un edificio de la F. I., en junio 2015 **253**

- 5.1. La moda de los instrumentos científicos **259**
- 5.2. Gabinete de Física del Doctor Albert Einstein **261**
- 5.3. Laboratorio Cavendish fundado en 1871 en la Universidad de Cambridge **262**
- 5.4. Gabinete de Física del Colegio del Estado de Puebla **264**

- 6.1. Facultad de Ingeniería **272**
- 6.2. Taller y Laboratorio de Ingeniería Mecánica **273**
- 6.3. Equipo para el estudio de los sistemas de bombeo **274**
- 6.4. Laboratorio de Ingeniería Eléctrica **275**
- 6.5. Equipo de laboratorio de Ingeniería Eléctrica **276**

- 6.6. Laboratorio de ensaye de materiales de Ingeniería Civil. Marco de carga **277**
- 6.7. Laboratorio de Hidrodinámica **278**
- 6.8. Equipo de Hidráulica **279**
- 6.9. Laboratorio de Ingeniería Sanitaria **280**
- 6.10. Laboratorio de Ingeniería Industrial **281**
- 6.11. Moderno telar de la Esc. de Ingeniería Textil **282**
- 6.12. Equipo de Laboratorio de Acabados Textiles **283**

- 7.1. Galería de aparatos de física del Museo Universitario **288**
- 7.2. Catálogo Max Kohl **289**
- 7.3. Catálogo Radiget et Massiot **290**
- 7.4. Aparato de Morin **292**
- 7.5. Grabado del Aparato de Morin y mecanismo **293**
- 7.6. Gráfica obtenida con el aparato de Morin **293**
- 7.7. Aparato para el estudio del tiro parabólico **295**
- 7.8. Balanza analítica **296**
- 7.9. Grabado de una balanza analítica **297**
- 7.10. Vasos comunicantes **298**
- 7.11. Grabado de unos vasos comunicantes **299**
- 7.12. Bomba aspirante impelente **300**
- 7.13. Grabado de bombas aspirante, impelente y aspirante/impelente **301**
- 7.14. Medidor de gasto **303**
- 7.15. (a) Fuente de Herón. (b) Grabado de fuente de Herón **305**
- 7.16. Bomba de compresión **306**
- 7.17. Grabado de bomba de compresión **307**
- 7.18. Bomba de compresión de doble émbolo **309**
- 7.19. Máquina de compresión **310**
- 7.20. Grabado de una máquina de compresión **311**
- 7.21. Louis Paul Cailletet, el “Padre del aire líquido” **313**
- 7.22. Aparato de Cailletet **314**
- 7.23. Grabado del aparato de Cailletet **315**
- 7.24. Aparato de congelación de Carré **316**
- 7.25. Grabado del aparato de congelación de Carré **317**
- 7.26. Máquina neumática de mercurio de Alvergniat **318**
- 7.27. Grabado de la Máquina neumática de mercurio de Alvergniat **319**
- 7.28. Campana en cápsula de vacío **321**
- 7.29. Aparato de Kœnig **322**
- 7.30. Grabados del (a) Aparato de Kœnig y (b) Llamas manométricas **323**

- 7.31. Fuelle acústico [324](#)
- 7.32. Grabado del fuelle acústico [325](#)
- 7.33. Diapasón con dispositivo electromagnético [326](#)
- 7.34. Grabado de un diapasón con dispositivo electromagnético [327](#)
- 7.35. Fonógrafo de Edison [328](#)
- 7.36. Grabado de un primitivo Fonógrafo de Edison [329](#)
- 7.37. Grabado del Fonógrafo de Edison [329](#)
- 7.38. Aparato de Silbermann [330](#)
- 7.39. Grabado del Aparato de Silbermann [331](#)
- 7.40. Lente de Fresnel [332](#)
- 7.41. Grabado de la Lente de Fresnel [333](#)
- 7.42. Teodolito [335](#)
- 7.43. Cámara de proyección o linterna mágica [336](#)
- 7.44. Grabado sobre el funcionamiento de la Cámara de Proyección o linterna mágica [337](#)
- 7.45. Espectroscopio [338](#)
- 7.46. Grabado de un Espectroscopio y de la trayectoria de los haces de luz en su interior [339](#)
- 7.47. Sextante fabricado por Benjamin Pike & Sons. Aparato empleado en las observaciones marítimas para medir la altura de los astros y los ángulos que forman sobre el horizonte [340](#)
- 7.48. Dibujo que muestra el funcionamiento de un sextante [341](#)
- 7.49. Microscopio de Blink [343](#)
- 7.50. Electrógrafo [344](#)
- 7.51. Jesse Ramsden [345](#)
- 7.52. Máquina de Ramsden [346](#)
- 7.53. Grabado de la máquina de Ramsden [347](#)
- 7.54. Botellas de Leyden conectadas a la máquina de Ramsden [348](#)
- 7.55. James Wimshurst [349](#)
- 7.56. Máquina electrostática de influencia de Wimshurst [350](#)
- 7.57. Grabado de la máquina electrostática de influencia de Wimshurst [351](#)
- 7.58. Máquina electrostática de Carré [352](#)
- 7.59. Grabado de la máquina electrostática de Carré [353](#)
- 7.60. Dos vistas de la máquina de Nairne [354](#)
- 7.61. Grabado de la máquina de Nairne [355](#)
- 7.62. Máquina de Le Roy [357](#)
- 7.63. Cuerpos conductores [359](#)
- 7.64. Pilas de Wollaston [360](#)
- 7.65. Grabado de pilas de Wollaston [361](#)
- 7.66. Paquitropo [362](#)

- 7.67. Grabado de paquitropo [363](#)
- 7.68. Ampolla eléctrica [364](#)
- 7.69. Grabado de descargas en Ampolla Eléctrica [365](#)
- 7.70. Origen del motor eléctrico [366](#)
- 7.71. Grabado de aparato experimental de Faraday [367](#)
- 7.72. Máquina de Clarke [368](#)
- 7.73. Grabado de la máquina de Clarke [369](#)
- 7.74. Detalle del conmutador de la máquina de Clarke [370](#)
- 7.75. Bobina de Delezene [372](#)
- 7.76. Grabado de la bobina de Delezene [373](#)
- 7.77. Conmutador de Bertín con bobina [374](#)
- 7.78. Grabado del conmutador de Bertín [375](#)
- 7.79. Arco voltáico de Gaiffe con regulador [376](#)
- 7.80. Grabado del interior de un aparato de proyección [377](#)
- 7.81. Sismógrafo de vertico-horizonta John Milne de registro automático [379](#)
- 7.82. Sismoscopio [381](#)
- 7.83. Barómetro [382](#)
- 7.84. Grabado del barómetro de sifón [383](#)
- 7.85. Barómetro registrador de Richard [384](#)
- 7.86. Grabado del barómetro registrador de Richard [385](#)
- 7.87. Máquina calculadora de tambor [387](#)

- 8.1. Salón de lectura de la Biblioteca Histórica José María Lafragua de la BUAP [394](#)
- 8.2. Portada del libro *Œuvres D'Archimède*, traducido por F. Peyrard [396](#)
- 8.3. Portada del libro *Le Opere di Galileo Galilei* [397](#)
- 8.4. Portada del libro *Philosophiæ Naturalis Principia Mathematica* de Isaac Newton [398](#)
- 8.5. Portada del libro *Œuvres Complètes de Laplace* [399](#)
- 8.6. Portada del libro *Œuvres de Lagrange* [400](#)
- 8.7. Portada de los libros *Lecciones de Physica Experimental* y *Essai sur L'Électricité des Corps*, por M. l'Abbé Nollet [401](#)
- 8.8. Portada de los libros *Cours De Physique de L'École Polytechnique* por M. J. Jamin, y *Physica Experimentalis et Rationalis* por P. Hermanno Osterrieder [402](#)
- 8.9. Portada de los libros *Elementa Physicæ* por A. Petro van Musschembroek, e *Institutionum Physicæ pars prima seu Physica Generalis* por Carolo Scherffer e S. J. [403](#)
- 8.10. Portada del libro *Manual de Física General y Aplicada* por Don Eduardo Rodríguez [404](#)
- 8.11. Parte de la sección de ciencias [405](#)
- 8.12. Detalle de una de las colecciones de la sección de ciencias [406](#)

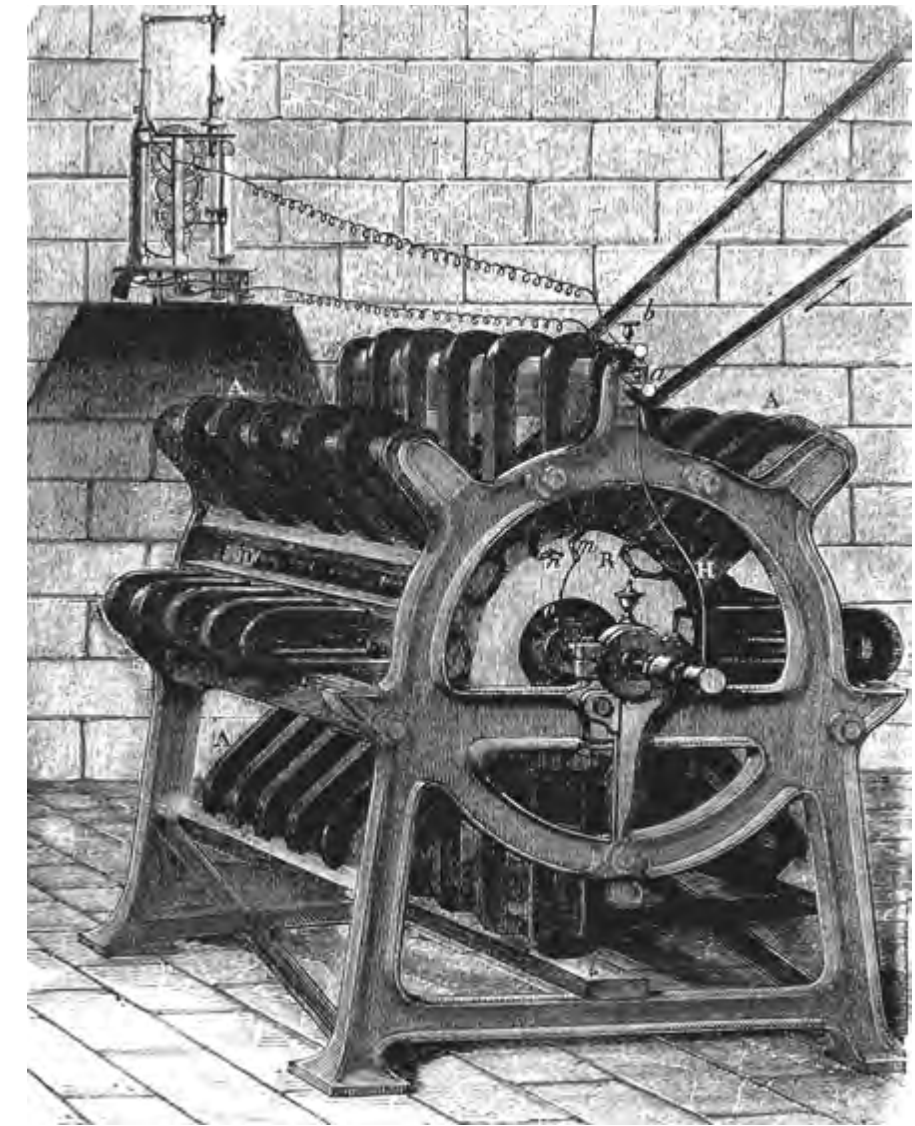


Figura 1: Máquina magnetoeléctrica de Nollet. Esta máquina, basada en el principio del aparato de Clarke, ofreció ventajas para la iluminación eléctrica de arco. Puesto que produce corrientes alternas se empleó con la bujía eléctrica de Jablochhoff. Grabado tomado del libro [1], p. 855.

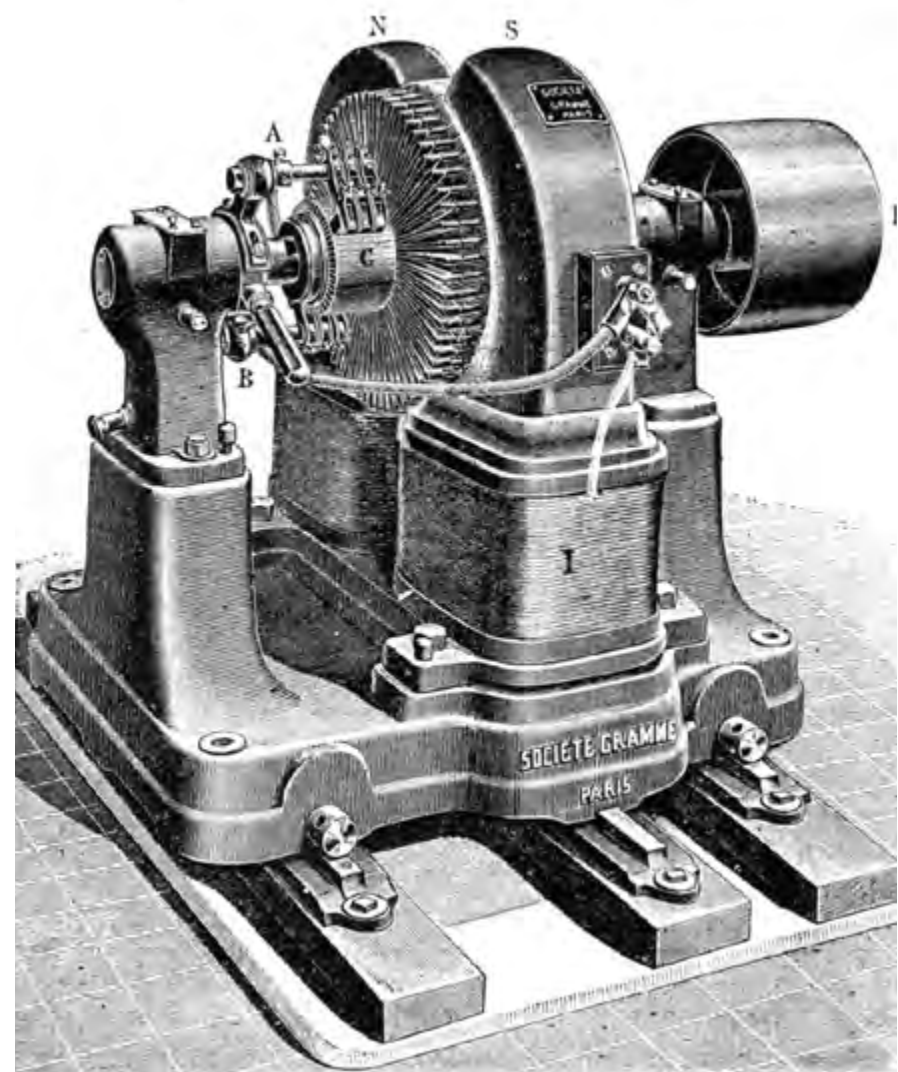


Figura 2: Máquina de Gramme. Desde el invierno de 1878 en París se alumbraron con esta máquina y las bujías de Jablochhoff las plazas de la Ópera y del Teatro Francés, así como la avenida que las reúne. En este caso se emplearon tres grandes máquinas de Gramme de corriente alterna. Una de estas máquinas se puso en las cuevas de la ópera, la otra cerca del Teatro Francés, y la tercera a la mitad de la avenida. Grabado tomado del libro [2], p. 758.

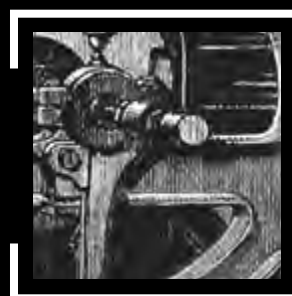


Figura 3: Bujía eléctrica de Jablochhoff. Esta bujía satisface completamente la condición de mantener constante la distancia entre los carbones sin regulador. Grabado tomado del libro [1], p. 727.

1

CAPÍTULO

INTRODUCCIÓN



1.1. La Escuela de Ingeniería de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla en los umbrales del siglo XXI

Al iniciarse la década de los sesenta, la ciudad de Puebla y algunas regiones del estado comienzan a resentir los cambios generados por un salto largamente postergado en su “modernización”. Estos cambios en el orden político, económico y social, coinciden con el inicio de una nueva época para la Universidad Autónoma de Puebla (UAP).

Después de verse inmersa en los graves conflictos políticos de 1961, 1964 y 1968, entre 1970 y 1972 se desarrolló la batalla final a partir de la cual inicia una etapa en la que culminan los esfuerzos por hacer de esta institución un lugar donde, además de tener acceso a los más altos principios de la ciencia y la cultura, se establece un compromiso de atención y acercamiento a la problemática de los sectores marginados de la sociedad. En este marco de desarrollo se crean escuelas y centros de investigación.

Los impresionantes avances en todas las ramas de la ciencia y la tecnología ocurridos en la segunda mitad del siglo XX, y los que se prevén para el siglo XXI, hicieron reflexionar profundamente sobre la imperiosa necesidad de que en la Universidad Autónoma de Puebla se establecieran nuevas carreras de Ingeniería, que permitieran acortar el retraso observado en este campo con respecto a otras universidades del país y del extranjero.

Si bien la enseñanza de la Ingeniería en nuestra institución se inició en el año de 1862 con la creación de la carrera de Agrimensura y, posteriormente, en octubre de 1872, con la de Ingeniero Topógrafo e Hidromensor, hasta el año de 1991 no se ofrecían estudios en áreas tan importantes como la Ingeniería Mecánica y Eléctrica; a pesar de haberse intentado su fundación en varias ocasiones.

Teniendo en cuenta la evolución actual de esta rama de la técnica, que ha permitido desarrollar máquinas y herramientas de control numérico, control de procesos industriales por computadora, autómatas y robots industriales y, por otra parte, observando la maravillosa evolución en el campo de las comunicaciones, la electrónica y la informática, pensamos que era de vital importancia el establecimiento de estos estudios en nuestra universidad.

Afortunadamente, durante el rectorado del licenciado en Economía José Marún Doger Corte, y siendo director de la escuela el ingeniero Manuel Luna Ruiz, en sesión extraordinaria del H. Consejo Universitario efectuada el 2 de octubre de 1991, por mayoría de votos y quince abstenciones se aprobó la creación de la licenciatura en Ingeniería Mecánica y Eléctrica. Los cursos se iniciaron en otoño de 1992 y la escuela pasó a llamarse Escuela de Ingeniería Civil y Tecnológica.

1.2. Ingeniería y ciencia

1.2.1. El ingeniero y el científico

El ingeniero tipifica al siglo XX, dijo Alfred P. Sloan, hijo, quien fuera durante muchos años presidente de la General Motors Corporation. “Sin su genio y sin las vastas aportaciones que ha hecho en el diseño, ingeniería y producción de la parte material de nuestra existencia, jamás hubiera alcanzado su actual nivel nuestra civilización contemporánea”.

La aseveración anterior puede parecer presuntuosa, pero no es necesario reflexionar demasiado para percatarnos de que el nivel de bienestar material que disfruta actualmente la humanidad depende fundamentalmente de la ingeniería.

Sin la ingeniería no existirían redes de transporte y comunicaciones, ni sistemas de abastecimiento de agua y alcantarillado, ni el impresionante instrumental de los modernos quirófanos, ni los aparatos y artículos indispensables para la comodidad actual de la mayoría de los hogares: automóviles, luz eléctrica, calefacción, entre otras.

Si bien hasta mediados del siglo XIX se consideraban solamente las ramas fundamentales: civil y militar, en la actualidad las tareas del ingeniero abarcan prácticamente todos los campos de la actividad humana, desde ingeniería de alimentos hasta ingeniería aeroespacial y biomédica.

Tal vez por la razón anterior, y a pesar de su función esencial en el progreso y bienestar de la humanidad, para muchas personas el ingeniero sigue siendo un

personaje borroso cuyas funciones no se llegan a entender cabalmente. La mayoría de la gente suele confundir los papeles que el ingeniero y el científico desempeñan en la sociedad. O, por el contrario, no es raro encontrar personas que identifiquen la idea de un ingeniero con la de una persona “con botas fuertes y un teodolito”. Estos conceptos no son criticables ni deben sorprender, ya que son pocas las veces que se observa al ingeniero en el desempeño de sus labores, cosa que no ocurre con un profesor o un odontólogo, por ejemplo.

Otra razón de esta impresión nublada que deja el ingeniero moderno, es su estrecha asociación con los científicos. El guardián que comprueba las identidades del personal a la puerta de la fábrica no sabe cuál es cuál. Y en industrias tan vastas como la de plásticos y comunicaciones es difícil determinar dónde termina el campo del científico y dónde empieza el del ingeniero.

La distinción básica entre tan vinculadas profesiones está en sus metas. El científico va tras el descubrimiento de conocimientos, sean o no útiles, en tanto que el ingeniero se esfuerza en que el saber, viejo o nuevo, sirva a las necesidades de la humanidad. Así, la demostración experimental de la existencia de las ondas electromagnéticas, predichas por las ecuaciones de Maxwell, fue efectuada por el científico alemán Heinrich Hertz; pero fue Guglielmo

Marconi el que inició e impulsó el desarrollo de la telegrafía inalámbrica, hazaña de ingeniería.

Albert Einstein aclaró perfectamente la diferencia entre ambas profesiones: “Los científicos investigan lo que ya existe en la naturaleza; los ingenieros deben crear lo que nunca ha existido”.

Las ideas anteriores pueden conducir a la creencia de que la labor del ingeniero depende de la del científico. En realidad los científicos dependen igualmente del trabajo de los ingenieros; muchos grandes descubrimientos científicos se deben a la ingeniería. Por ejemplo, los dispositivos llamados ahora máquinas térmicas fueron desarrollados desde su forma más incipiente a fines del siglo XVIII, hasta prácticamente su forma actual, sin que hubiese existido la menor comprensión sobre las causa teóricas de su funcionamiento. Su estudio condujo al físico francés Nicolás Léonard Sadi Carnot (1796–1832) a establecer los fundamentos de la termodinámica, la ciencia del calor.

Es interesante señalar también que la gigantesca tarea de construir canales, caminos, puentes, ferrocarriles, fábricas y fundiciones durante la primera Revolución Industrial en Inglaterra fue efectuada, en forma magistral, por ingenieros autodidactos: Thomas Newcomen y James Watt, que construyeron los primeros motores de vapor, fueron mecánicos sin escuela. Thomas Telford, constructor de caminos y puentes, fue albañil. Richard Trevithick, considerado

el padre de los ferrocarriles ingleses, fue primero luchador y levantador de pesas. James Brindley se inició como fabricante de molinos, y aunque su patrón lo tuvo como aprendiz inepto, acabó siendo famoso por haber construido una red de canales de navegación en Inglaterra.

Otra razón que dificulta la comprensión exacta de lo que es un ingeniero es la enorme cantidad de especialidades e intereses. Algunos tienen especialidades muy limitadas. Por ejemplo: un ingeniero consultor basa su práctica en una sola función, la instalación de unidades acondicionadoras de aire en cuartos de computadoras. En cambio muchos otros son directivos de amplio campo, diestros en varias tecnologías, capaces de coordinar y combinar varios equipos de especialistas. Por ejemplo, un ingeniero en mecatrónica debe desempeñarse perfectamente en todos los ramos industriales que contemplan la automatización de procesos continuos o discretos de tecnología de vanguardia, aplicados a industrias como la química, del petróleo, farmacéutica, alimenticia, energética, textil, papelera, metalúrgica, embotelladora, electrónica, biomédica, aeronáutica, automotriz. Finalmente, un buen ingeniero debe ser un buen vendedor, pues a menos que pueda convencer a no ingenieros de que sus ideas son buenas, sus empeños se perderán.

1.2.2. Concepciones sobre la ciencia y la tecnología

La importancia del aspecto tecnológico en el desarrollo de la sociedad no ha recibido suficiente atención historiográfica, en contraste con la importancia concedida tradicionalmente a la historia política y militar o, modernamente, a la historia social y económica, a pesar de su enorme influencia en el desarrollo de las naciones.

El estudio sistemático de la tecnología como una rama especial de la actividad humana es esencialmente un fenómeno reciente; a pesar de que sus raíces se extienden hasta la Grecia clásica.

Vulgarmente, la tecnología es considerada como sinónimo de ciencia aplicada, pero esto, simplemente, no es cierto. Muchas tecnologías estaban muy desarrolladas mucho antes de concebirse la ciencia en la forma que nosotros la conocemos; la cerámica, los textiles y la construcción de los primeros puentes y acueductos son buenos ejemplos. No obstante, hacia 1900 la tecnología había alcanzado una etapa de desarrollo en la que la principal vía de progreso pasaba por la aplicación de la ciencia en prácticamente todos los campos materiales de la actividad humana.

Al iniciarse el siglo XX el término tecnología empezó a ser de uso general y abarcaba un creciente rango de medios de producción, procesos e ideas, junto con herramientas y máquinas. En la segunda mitad de este siglo, la tecnología ha sido definida

con frases tales como “los medios o actividades por medio de los cuales el hombre busca cambiar o manipular su medio ambiente”.

Aun definiciones tan amplias como la anterior han sido criticadas por observadores que señalan la borrosa línea divisoria entre la investigación científica y la actividad tecnológica.

Más significativo que el problema de la definición ha sido el debate sobre el valor de la tecnología; un debate en el cual concepciones radicalmente diferentes han sido desarrolladas. Con el fin de percibir las raíces de este conflicto, una perspectiva histórica es indispensable.

En realidad, hasta una época relativamente reciente, la ciencia había permanecido ampliamente separada de la tecnología, cada una siguiendo caminos separados y manteniendo su propia identidad.

La ciencia en el mundo clásico, Oriente y Occidente, perteneció a los filósofos aristocráticos y englobaba todo el conocimiento, mientras que la tecnología estaba en posesión de los trabajadores manuales. La separación se debió probablemente menos a la división de clases que al hecho de que la ciencia especulativa de Aristóteles y Ptolomeo tuvo poca relevancia para los problemas tecnológicos de curtidores, molineros, herreros y toneleros. No fue sino hasta la revolución comercial de la Edad Media, provocada por el gran intercambio económico y

social, que la ciencia y la tecnología comenzaron a acercarse una a la otra.

Roger Bacon, sabio británico del siglo XIII, predijo buques y máquinas voladoras movidas mecánicamente y se le acredita como el inventor de la pólvora. El robusto desarrollo de la tecnología involucrando mejoras en los buques, turbinas, molinos de viento y armas de fuego, no podía dejar de llamar la atención de los hombres cultos. En el siglo XVI Francis Bacon abogó por la ciencia experimental, sugiriendo además que los científicos estudiaran los métodos de los artesanos y que éstos adquirieran un mejor conocimiento de la ciencia.

Sin embargo, el matrimonio de la ciencia y la tecnología propuesto por Francis Bacon fue sólo lentamente consumado. Durante los siguientes doscientos años, carpinteros y mecánicos construyeron puentes de hierro, máquinas de vapor y maquinaria textil; pero solamente en el curso del siglo XIX la tecnología llegó a tener bases científicas. El primer científico destacado en la historia de la tecnología surgió entonces: Justus Von Liebig, el alemán padre de la química orgánica e inventor del fertilizante sintético. Más señaladamente, los grandes inventores del siglo XIX construyeron sobre el trabajo de científicos: Edison apoyándose en el de Faraday y Henry, primeros experimentadores en electricidad. Marconi, inventor de la radiotelegrafía, en el de Hertz y Maxwell. En el caso de Edison, un desarrollo

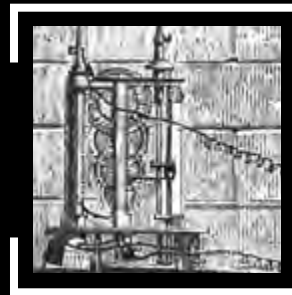
de mayor significación tuvo lugar: la unión de la ciencia y la tecnología fue institucionalizada.

Tal vez ni el mismo Edison se percató del hecho en ese entonces, pero el proceso masivo de prueba y error por medio del cual encontró el filamento de carbón para su lámpara eléctrica, tuvo como resultado la creación en Menlo Park, New Jersey, del primer laboratorio de investigación tecnológica en el mundo. Por consiguiente, la fecha de la demostración de la iluminación eléctrica efectuada por Edison el 21 de octubre de 1879, puede quizá ser considerada como la del nacimiento de la moderna investigación tecnológica.

A partir de ese momento, la aplicación no sólo del conocimiento científico, sino de los principios científicos a la tecnología recibe fuerte impulso. El racionalismo en la ingeniería que Frederick W. Taylor aplicó a la organización de los trabajadores en la producción en masa y los estudios de tiempo y movimientos de Frank y Lillian Gilbreth fueron lógicamente continuados en el siglo XX por la invención de sistemas de ingeniería; investigación de operaciones; estudios de simulación y modelos matemáticos. Estos desarrollos, sumados a la creciente especialización y profesionalización del trabajo tecnológico, llevaron a la tecnología a su estado moderno de alta eficiencia.

2

CAPÍTULO
LA INGENIERÍA
EN LA
HISTORIA



?
 Cuándo empezó la ingeniería? ¿Quiénes fueron los primeros ingenieros? ¿Cuáles fueron los primeros diseños de ingeniería? Respuestas a estas preguntas y otras concernientes a los inicios de la ingeniería aparecen en diversos fragmentos de información histórica que han llegado hasta nuestros días. En realidad los orígenes de la civilización y los orígenes de la ingeniería son los mismos. Conforme el hombre prehistórico emergió de las cavernas para empezar a construir sus viviendas en comunidades y a adaptar rocas y estacas como herramientas para servir a sus necesidades, puede decirse que empezó el desarrollo de la ingeniería. Hace aproximadamente 8,000 años, en Asia Menor o en África, el hombre inició el cultivo de plantas y la domesticación de animales y empezó a construir casas permanentes. Con el cambio de vida nómada a sedentaria se incrementaron las necesidades de la producción de alimentos y empezaron a desarrollarse los primeros proyectos de sistemas de irrigación para incrementar las cosechas. El incremento en la producción de alimentos permitió al hombre dedicar más tiempo a otras actividades, surgiendo entonces gobernantes, sacerdotes, artesanos y los primeros ingenieros.

El primer ingeniero conocido por su nombre y realizaciones es Imhotep, constructor de la famosa pirámide escalonada en Saqqarah, cerca de Memphis, probablemente hacia 2550 antes de Cristo. Los sucesores de Imhotep (egipcios, persas, griegos y romanos) elevaron la ingeniería civil a alturas notables sobre la base de métodos empíricos ayudados por la aritmética, geometría y física elemental. El Faro de Alejandría, el Templo de Salomón en Jerusalén, el Coliseo de Roma, los sistemas de carreteras de Persia y Roma, el acueducto de Pont du Garde en Francia y muchas otras grandes estructuras, algunas de las cuales perduran hasta nuestros días, testifican su habilidad, imaginación y audacia. De los muchos tratados escritos por ellos, uno en particular ha sobrevivido para proporcionarnos una imagen de la educación en ingeniería y de sus aspectos prácticos en la época clásica: *De Architectura* de Vitruvius, publicado en Roma en el siglo I de nuestra era; un trabajo en diez volúmenes, cubriendo aspectos tales como materiales y métodos de construcción, hidráulica, mediciones y planeación de ciudades.

Los ingenieros de la Europa medieval, como los ingenieros del mundo clásico, combinaron las

habilidades civiles y militares y, en el dominio de la construcción, llevaron la técnica del arco gótico y arbotante a un altura desconocida para los romanos. El libro de diseños de Villard de Honnecourt, uno de los más destacados ingenieros de la época gótica, quien vivió durante la primera mitad del siglo XIII, revela su amplio conocimiento de la ingeniería profesional, tanto en matemáticas, geometría y ciencias físicas y naturales, como en su habilidad para el diseño.

Los castillos fueron efectivos como baluartes militares hasta finales del siglo XIV, cuando empezó el uso de la pólvora; pero en su momento dieron lugar a mejoras en las máquinas de guerra y en la maquinaria en general. Fue en las viejas minas donde los ingenieros empezaron a aprovecharlas. La evolución y desarrollo posterior de las máquinas originaron la llamada Revolución Industrial, cambiando la vida de la humanidad.

En 1700 el hierro era tan caro que sólo se usaba en la fabricación de armas y algunos utensilios de uso

doméstico. Al iniciarse el siglo XVIII, Abraham Darby, un fundidor inglés, halló que el carbón mineral convertido en coque se podía usar en vez del carbón vegetal para fundir el hierro en gran escala. Con la abundancia de este metal, los ingenieros estuvieron en posibilidad de construir grandes estructuras y cruzar grandes espacios con puentes colgantes de armaduras y cables de hierro.

Al finalizar la etapa del vapor de la Revolución Industrial, cuando se domó la electricidad, los ingenieros se hallaron frente a un campo insospechado de posibilidades en la técnica. Llegando así a nuestro increíble mundo tecnológico de la actualidad.

En el Lejano Oriente, en India, China, Japón y otras regiones, la ingeniería tuvo un desarrollo separado pero similar, con técnicas sofisticadas de construcción, metalurgia e hidráulica, que ayudaron a crear avanzadas civilizaciones tales como el Imperio Mongol, cuyas grandes y hermosas ciudades impresionaron a Marco Polo en el siglo XIII.



Figura 2.1: Pont du Gard, Avignon, Francia. Construido a principios del siglo I de nuestra era, durante el gobierno del emperador Octavio Augusto, salva el lecho del Gard, afluente de la derecha del Ródano en el sur de Francia. Fotografía obtenida del libro [3], p. 25.



Figura 2.2: Los botareles fueron la respuesta de los ingenieros medievales al problema de sostener una bóveda sin muros muy gruesos. En la Catedral de San Esteban en Bourges, Francia, terminada en el siglo XIII, los botareles firmemente anclados soportan el violento empuje hacia afuera, permitiendo muros delgados y con ventanas. Fotografía del libro [4], p. 73.

2.1. Las primeras escuelas de Ingeniería

Hasta mediados del siglo XVIII, la ingeniería fue más oficio que profesión; era un conjunto de habilidades mecánicas transmitidas de padres a hijos; de maestros a aprendices. En la Edad Media, la construcción de puentes era especialidad de cofradías religiosas (Les Frères du Pont en Francia; The Brothers of the Bridge en Inglaterra). El Renacimiento es la época en que comienza a desarrollarse el arte de los ingenieros. El término fue usado por primera vez por Salomón de Caus para designar al ingeniero militar, distinguiéndolo del arquitecto civil, aunque con el tiempo se dio el título a todos aquellos que proyectaban y construían nuevas máquinas.

Después de Leonardo Da Vinci aparece en Europa una generación de “ingenieros”; y en los siglos XVI y XVII se publican varios libros que hoy podrían ser considerados de “ingeniería”; pero no es sino hasta 1747 cuando tiene lugar la fundación de la primera escuela de ingenieros del mundo: L’Ecole des Ponts et Chaussées, en París, dirigida por Jean Perronet. Esta escuela tuvo su origen en el Corps de Ingénieurs de Ponts et Chaussées (institución militar). En 1794 se estableció en París, L’Ecole Polytechnique. La primera escuela norteamericana comparable: el Rensselaer Polytechnic Institute, fue fundada treinta años después.

John Smeaton (1724–1792), el diseñador británico del Faro de Eddystone y otras estructuras notables, fue, aparentemente, la primera persona que se denominó a sí misma ingeniero civil, separando

en esta forma su profesión de la ingeniería militar. Thomas Telford (1757–1834), el constructor escocés del puente sobre el estrecho Menai, aceptó la presidencia de la Institution of Civil Engineers, la cual al obtener su Cédula Real en 1828 se constituyó en la primera sociedad de ingenieros del mundo.

Los ingenieros civiles del siglo XIX construyeron estructuras de todas clases, diseñaron sistemas de suministro de agua potable y sistemas sanitarios, tendieron vías férreas y redes de carreteras y planearon ciudades. A pesar de lo dicho, es interesante señalar que la primera etapa de la Revolución Industrial fue iniciada por hombres de poca o ninguna educación oficial y, desde luego, carentes de estudios universitarios. Fueron, en un principio, simples obreros, hábiles y ambiciosos, pero generalmente ignorantes o autodidactas. Algunos fueron constructores de molinos, otros mecánicos como Murdock y Stephenson, y otros herreros como Newcomen y Maudslay. Con menos frecuencia se ha mencionado, sin embargo, que las universidades de aquellos tiempos, salvo las matemáticas, tenían poco que ofrecer a los pioneros, aun en el caso de que las hubieran frecuentado. La sociedad del siglo XIX estaba fascinada por los triunfos de sus científicos y de sus técnicos, pero era sólo una fascinación mental. Los corazones seguían fieles a la tradición humanista y la ingeniería se consideraba por debajo de la dignidad de un caballero. Actitud que prevalecería en muchos países hasta finales del siglo.

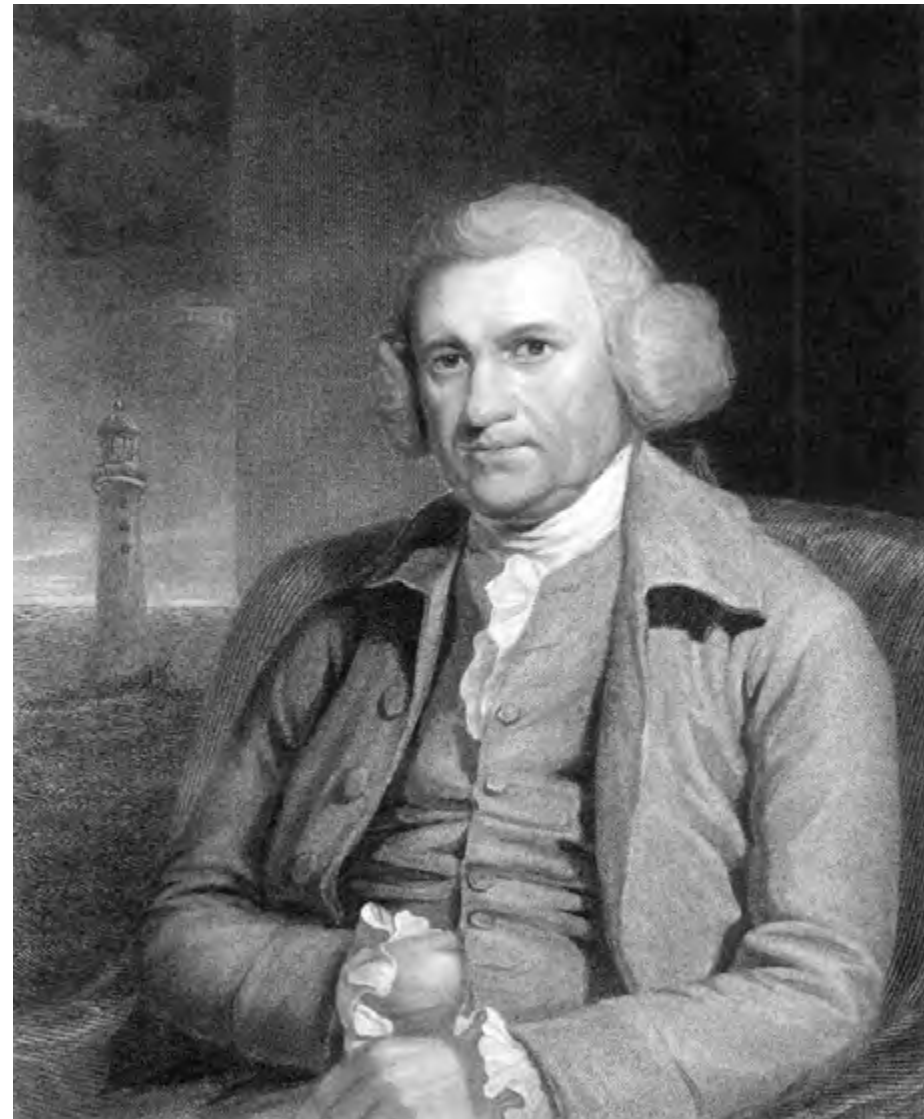


Figura 2.3: John Smeaton. Retrato obtenido del libro [5], p. 100.



Figura 2.4: El puente colgante de Menai entre Gales y la isla de Anglesey permite atravesar el estrecho del mismo nombre. En esta vista panorámica se observa la estructura de piedra construida para estabilizar las torres sometidas a empujes horizontales debidos al viento. Fotografía obtenida del libro [6], pp. 28, 29.



Figura 2.5: Viaducto Garabit en las montañas de Auvergne en la Francia central. Fue completado en 1885 y por mucho tiempo fue el más alto del mundo, elevándose 124 m sobre el río Truyère. Construido con armaduras de hierro por Gustav Eiffel y Maurice Koechlin. Fotografía del libro [5], p. 157.

2.1.1. Salud pública

No menos importantes han sido los avances en la medicina preventiva, debido a la aplicación de los conocimientos de la importante rama de la ingeniería civil denominada ingeniería sanitaria. Sin un suministro adecuado de agua potable y un buen sistema de alcantarillado para eliminar rápidamente las aguas residuales, las grandes ciudades no podrían existir y la vida en ellas sería a la vez desagradable y peligrosa. El ciudadano medio, acostumbrado a las comodidades de la civilización, tiene un limitado concepto del significado de la corriente de agua que fluye cuando abre un grifo y aun menor de la vasta red de conductos subterráneos que son necesarios para su evacuación.

En todos los tiempos, las grandes ciudades han debido preocuparse de su suministro de agua. No cabe decir, sin embargo, que los sistemas de la antigüedad puedan compararse con los actuales; sólo unos pocos ciudadanos de entre los más ricos disponían de agua corriente en sus casas o jardines, mientras la mayor parte de sus habitantes transportaban el agua a sus viviendas en vasijas desde un número reducido de fuentes o caños públicos. Las ciudades medievales eran más pequeñas que en la antigüedad y el suministro público de agua era prácticamente inexistente.

Se ha encontrado restos de alcantarillas sanitarias en las ruinas de las ciudades de Creta y en Asiria.

Roma también las tuvo, pero fueron en un principio desagües para conducir el agua de lluvia. Había la costumbre de depositar toda clase de residuos en las calles y, en consecuencia, los desagües de lluvia transportaban al mismo tiempo mucha materia orgánica. El alcantarillado fue prácticamente desconocido durante la Edad Media. Las corrientes de agua que pasaban por las ciudades o cerca de ellas, se utilizaban libremente como lugar conveniente para la evacuación de residuos. Puesto que las poblaciones se abastecían de agua en las mismas corrientes, es fácil imaginar los problemas de salud que se presentaban. Miles de personas morían a consecuencia de una gama de enfermedades causadas por beber agua contaminada. Curiosamente, la relación entre las aguas contaminadas y las enfermedades tardó mucho tiempo en descubrirse, y no fue sino hasta mediados del siglo XIX, cuando ésta fue reconocida. Fue entonces cuando empezaron a construirse los grandes sistemas de alcantarillado en ciudades como París y Londres.

Grandes maravillas de la ingeniería civil se localizan donde pocos pueden verlas. A diferencia de puentes y rascacielos, los sistemas de alcantarillado, constituidos por enormes redes de túneles y tuberías, se encuentran escondidos bajo las calles, transformando la vida urbana y guardando la salud de la población.

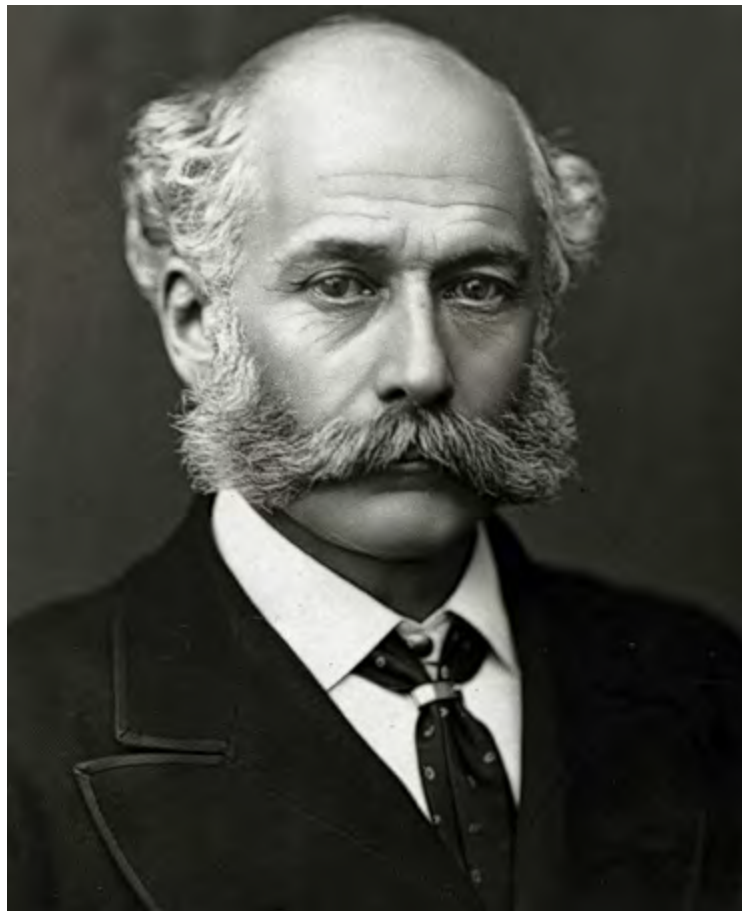


Figura 2.6: Joseph Bazalgette es reconocido como el ingeniero sanitario que resolvió el problema del pestilente y contaminado River Thames. Desarrolló también el gran sistema de la red de colectores y drenaje de Londres. Figura tomada de [5], p. 252.

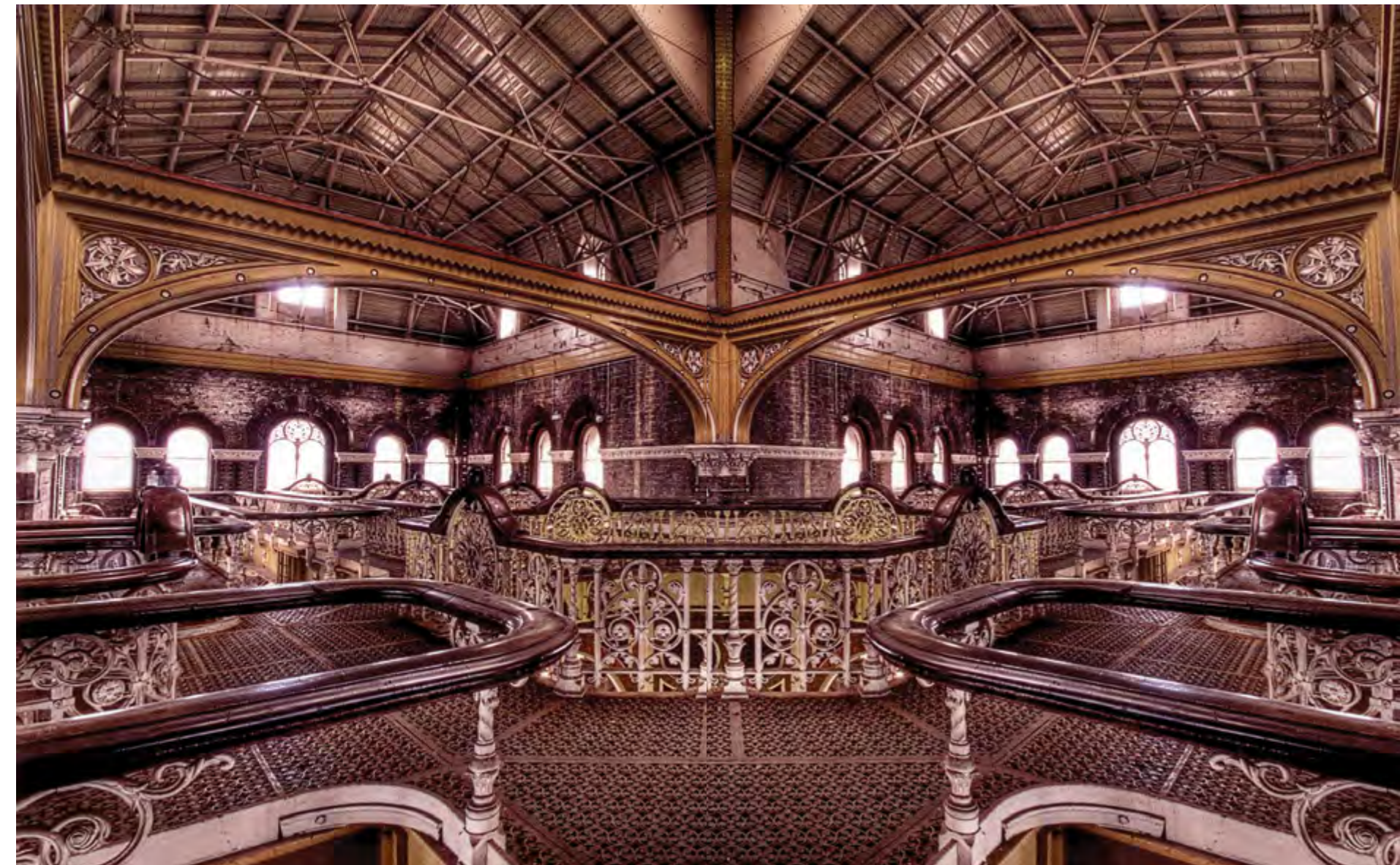


Figura 2.7: La Catedral de las Alcantarillas. Uno de los sitios más asombrosos de la ciudad de Londres, la estación de bombeo de aguas negras, llamada también “La Catedral del Drenaje”. Figura tomada de [5], pp. 252–253.



Figura 2.8: El saltador de caminos silencioso. En 1858 el río Támesis estaba tan contaminado que el semanario humorístico inglés *Punch* imprimió esta fúnebre caricatura, que muestra a la muerte remando entre los desechos y las aguas residuales. Durante la Revolución Industrial, el vertido de desechos en el Támesis creó un agudo problema de salubridad pública. Figura tomada de [7], p. 83.

2.2. Ingeniería mecánica

La ingeniería mecánica es la rama de la ingeniería que está directamente relacionada con las máquinas y la producción de energía. Se ocupa esencialmente de las fuerzas y el movimiento. Inglaterra y Escocia fueron los lugares donde recibe enorme impulso esta actividad, fundamentalmente como una derivación de los inventos del ingeniero escocés James Watt y la maquinaria textil de la Revolución Industrial.

Por supuesto, el desarrollo de las máquinas tenía ya una larga evolución desde la invención de la rueda y su empleo en mecanismos cada vez más complejos. Los pueblos de la Antigüedad como los egipcios y asirio-caldeos hicieron uso de artefactos mecánicos para el desarrollo de sus grandes construcciones. En la época clásica de Grecia hubo ingenios agudísimos que advirtieron la necesidad de llevar a la práctica el resultado de sus teorías, uno de los más famosos fue Arquímedes de Siracusa, de proverbial inventiva. Pero Plutarco cuenta de él que consideraba la actividad manual y la mecánica práctica como algo de baja categoría. Justamente, la calificación de “mecánico” era indicadora del máximo desprecio. Esta desconfianza por las artes mecánicas se prolongó a través de los siglos durante todo el Medioevo casi hasta el Renacimiento; la pintura y la escultura mismas fueron consideradas artes inferiores con respecto a la poesía porque contemplaban un aspecto de realización técnica. En el Medioevo, Hugo de San Víctor buscará, incluso, una

curiosa etimología derivando *moechanicus* de *moechus* (adúltero), para demostrar que la actividad mecánica tenía algo de inferior y desagradable [54].

Después de Arquímedes, en el periodo alejandrino encontramos algunos “ingenieros” habilísimos, constructores de máquinas prodigiosas que perduraron a través de los tiempos. Fueron Ctesibio, Hiparco de Samos, Filón de Bizancio y el muy célebre Herón de Alejandría, cuya fama perduró muy viva hasta el Renacimiento.

Las máquinas a base de poleas cabrestantes y ruedas dentadas construidas en madera siguieron utilizándose después de la decadencia del imperio romano. Tales elementos pueden hallarse, por ejemplo, en las grúas medievales, molinos de agua y viento. La construcción de los mismos en metal fue la base que llevó al desarrollo de los mecanismos de la Revolución Industrial.

La invención de la máquina de vapor en las postrimerías del siglo XVIII suministró una fuente básica de energía para la minería y la industria, dando enorme ímpetu al desarrollo de maquinaria de todo tipo. Como resultado surgió una nueva e importante rama de la ingeniería, separada de la ingeniería civil y tratando especialmente con herramientas y máquinas, la cual recibió formal reconocimiento con la fundación de la Institution of Mechanical Engineers en Birmingham, Inglaterra en 1847.

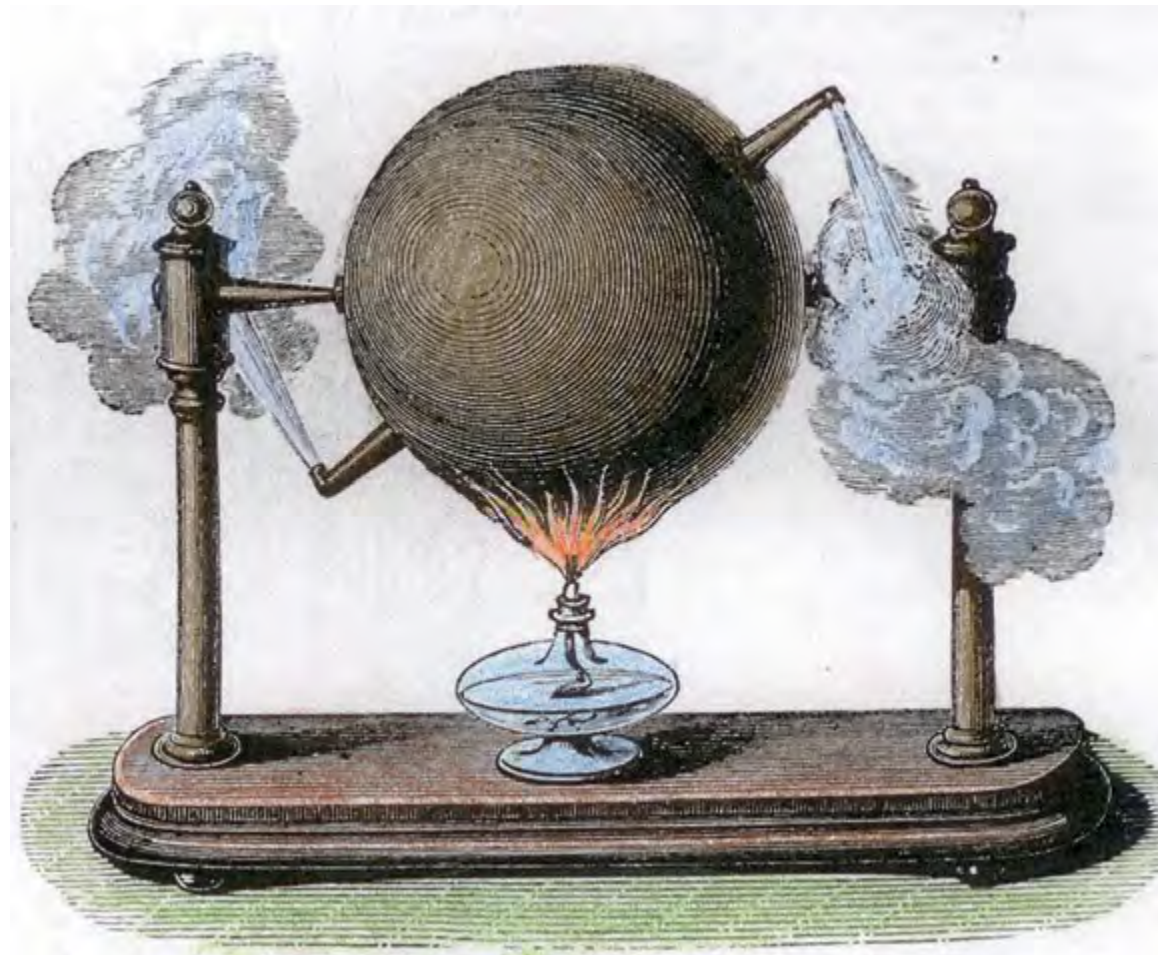


Figura 2.9: En la eolípila de Herón, el fuego, encendido bajo la base, evapora el agua contenida en la esfera. Al salir en direcciones opuestas por los dos tubos de escape, el vapor hace girar la esfera. A toda acción ejercida sobre un cuerpo corresponde una reacción igual y de sentido contrario: éste es el “principio de acción y reacción” enunciado en el siglo XVII por Newton. (Grabado obtenido del libro [1], p. 436).

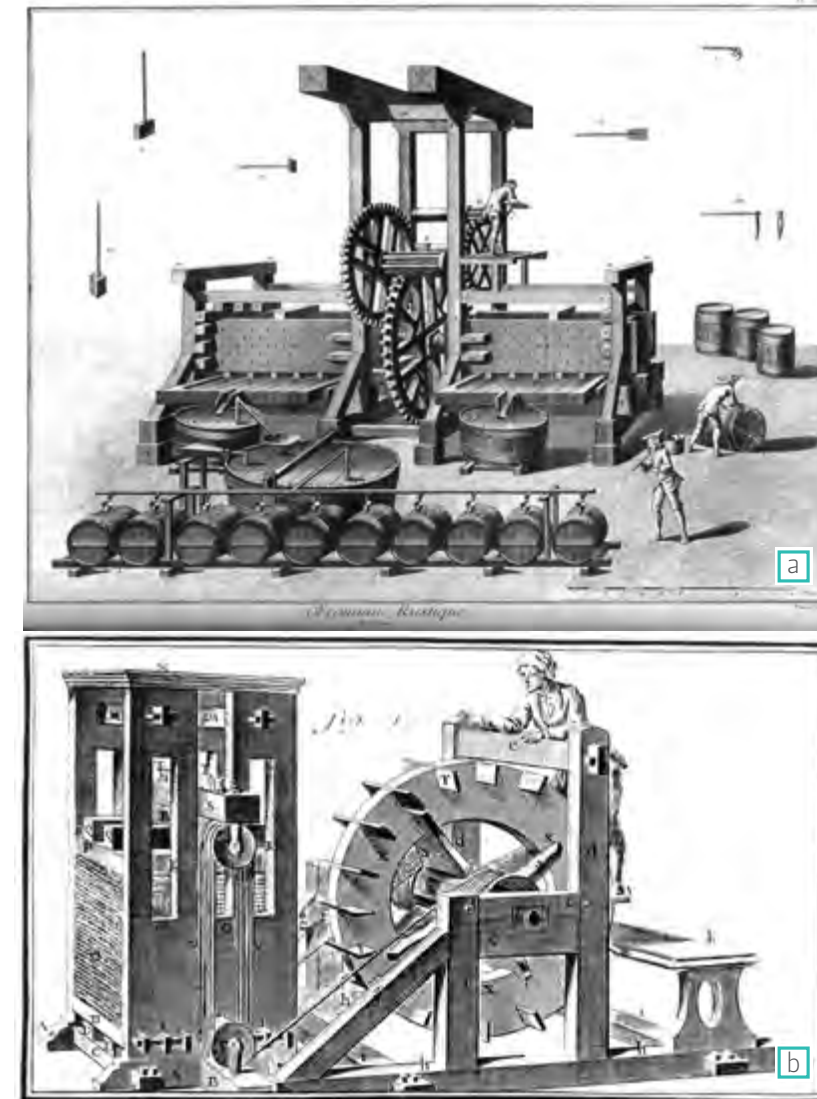


Figura 2.10: (a) Prensa para uvas. (b) Prensa para pacas de algodón. Grabados de la primera reimpresión completa de *L'Encyclopédie* de Diderot y d'Alembert [8].

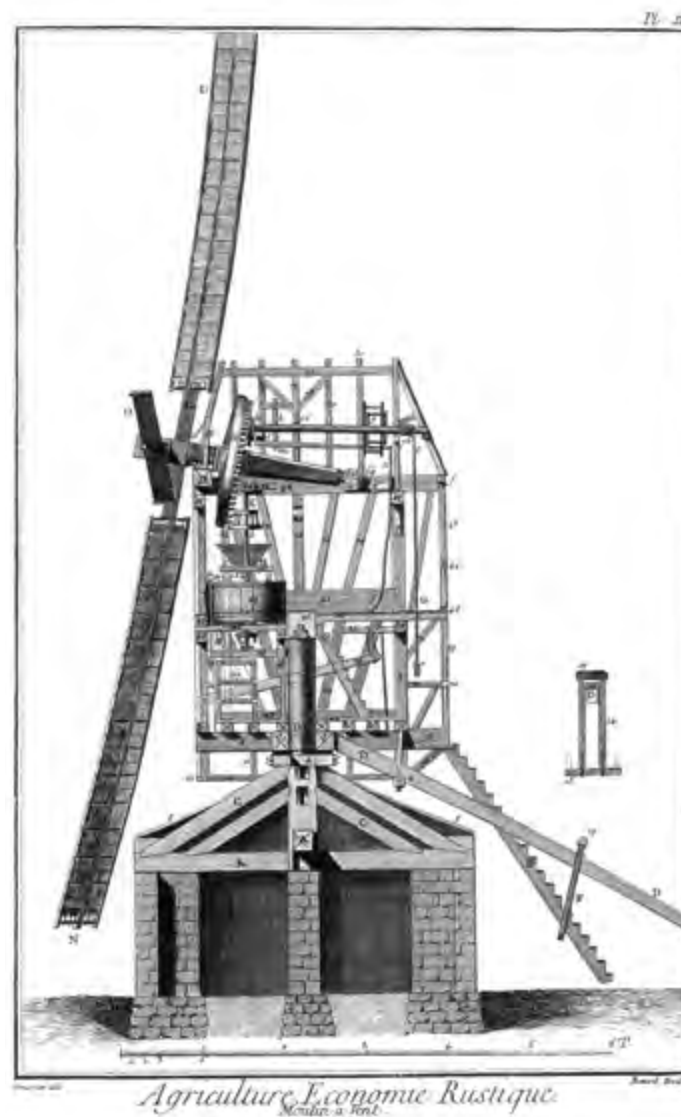


Figura 2.11: Mecanismo de un molino de viento. Grabado de la primera reimpresión completa de *L'Encyclopédie* de Diderot y d'Alembert [8].



Figura 2.12: Las primitivas ruedas de engranajes, que a veces eran muy grandes, utilizaban clavijas de madera como dientes. Este conjunto de engranajes se halla en una mina de sal (en la actualidad un museo) de Wieliczka, Polonia y probablemente data del siglo XVIII. Fotografía obtenida del libro [9], p. 51.



Figura 2.13: Molino para extracción de aceite en Lohrhaupten, Spessart (circa 1750). Fotografía de Deutsches Museum, München, Alemania.



Figura 2.14: Calandria de tintorero para prensar tejidos fabricada en madera, 1838. Fotografía de Deutsches Museum, München, Alemania.

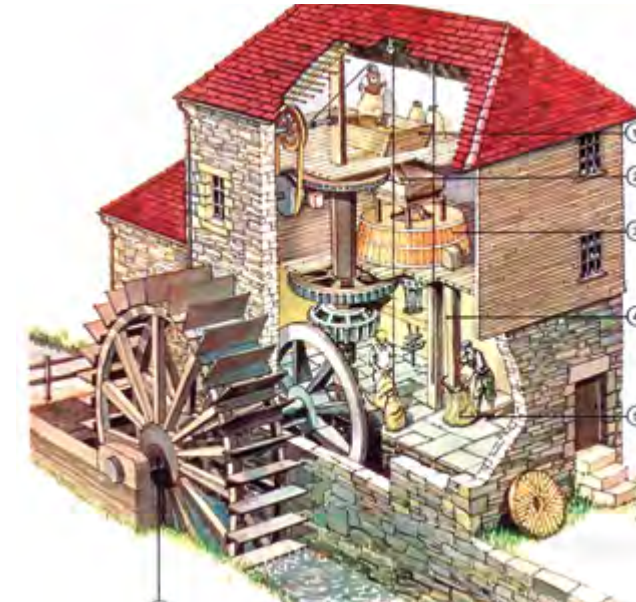


Figura 2.15: Molino para trigo. Los molinos harineros empezaron con los romanos, quienes propagaron técnicas que les ayudaron a explotar su imperio. Se construyeron de impulsión inferior y superior, uno impulsado por la fuerza del agua corriente y otro por el peso del agua. El molino de la figura es de impulsión inferior (6), con una tolva (1) para el grano y un vertedero (2) que lo lleva hasta las muelas (3). La harina producida caía por un conducto (4) y era vertida en un saco (5). Figura tomada de [10], p. 11.



Figura 2.16: Telar Falcon, 1728. La primera máquina controlada con tarjetas perforadas. Fotografía de The Science Museum, Londres, Inglaterra.



Figura 2.17: Modelo de demostración de la máquina de Newcomen del siglo XVIII. The Science Museum, Londres, Inglaterra.

Estrechamente relacionada con el desarrollo de la ingeniería mecánica fue la evolución de la industria del hierro y el acero, debido a la demanda de maquinaria de todo tipo. Fue en los talleres de Matthew Boulton en Soho y de James Watt en Birmingham donde el conocimiento y habilidades de la ingeniería mecánica de precisión comenzaron a desarrollarse, durante la manufactura de instrumentos científicos y pequeñas armas y donde se inició su aplicación en la construcción de grandes máquinas industriales.

La producción mecanizada presupuso un amplio suministro de energía. La máquina de vapor ofreció el primer medio práctico de generar energía mecánica a partir del calor, incrementando así las fuentes tradicionales originadas en la fuerza muscular del hombre y los animales, del viento y las corrientes de agua. Uno de los primeros retos de la nueva profesión fue incrementar la eficacia térmica de las máquinas; esto se hizo principalmente gracias al desarrollo de la turbina de vapor asociada con mejores calderas. El siglo XX ha sido testigo del rápido crecimiento en la potencia de las turbinas empleadas en la generación de energía eléctrica, junto con un incremento en su eficiencia

térmica y la reducción en costo por kilowatt generado.

La ingeniería mecánica estuvo también directamente relacionada con el desarrollo y evolución de los motores de combustión interna, tanto de los tipos reciprocantes (gasolina y diesel), como de los rotatorios (turbina de gas y Wankel) y con su amplia aplicación en los transportes. En el campo general del transporte, ya sea aéreo, terrestre o marítimo, el ingeniero mecánico ha creado el equipo y las plantas de energía, colaborando cada vez más con el ingeniero electricista, especialmente en el desarrollo de sistemas adecuados de control.

Al promediar el siglo XX la ingeniería mecánica empezó a contar con la fuente de energía derivada de la fisión nuclear, cuya aplicación ha demandado un excepcional estándar de confiabilidad y seguridad, y la solución de problemas enteramente nuevos.

Los sistemas de control de grandes plantas y estaciones de energía nuclear han demandado redes altamente sofisticadas de sistemas eléctricos, electrónicos, hidráulicos y mecánicos. En su planeación y diseño el papel del ingeniero mecánico ha sido fundamental.

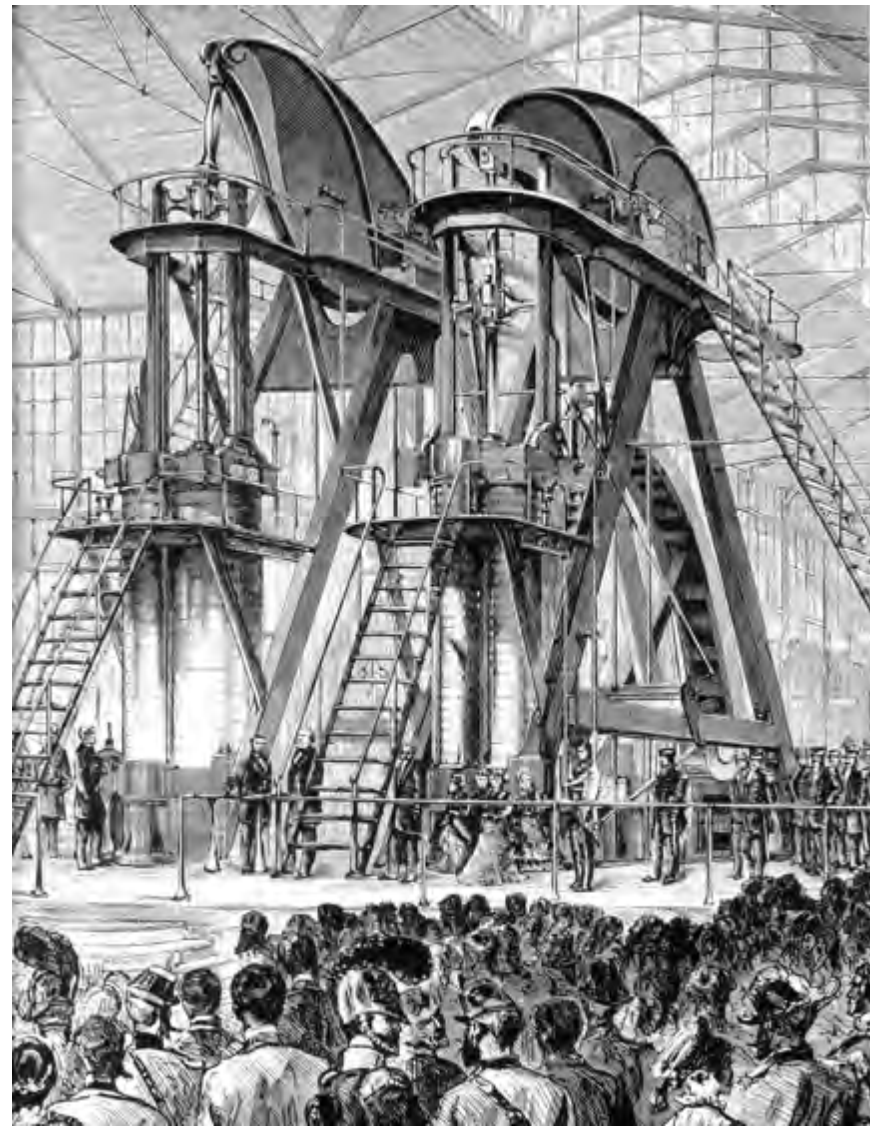


Figura 2.18: Máquina de vapor Corliss de 700 toneladas, era la máquina más poderosa del mundo en 1876. Situada en el centro de la nave de maquinaria de la gran exposición de Filadelfia. Grabado tomado del libro [11], p. 73.

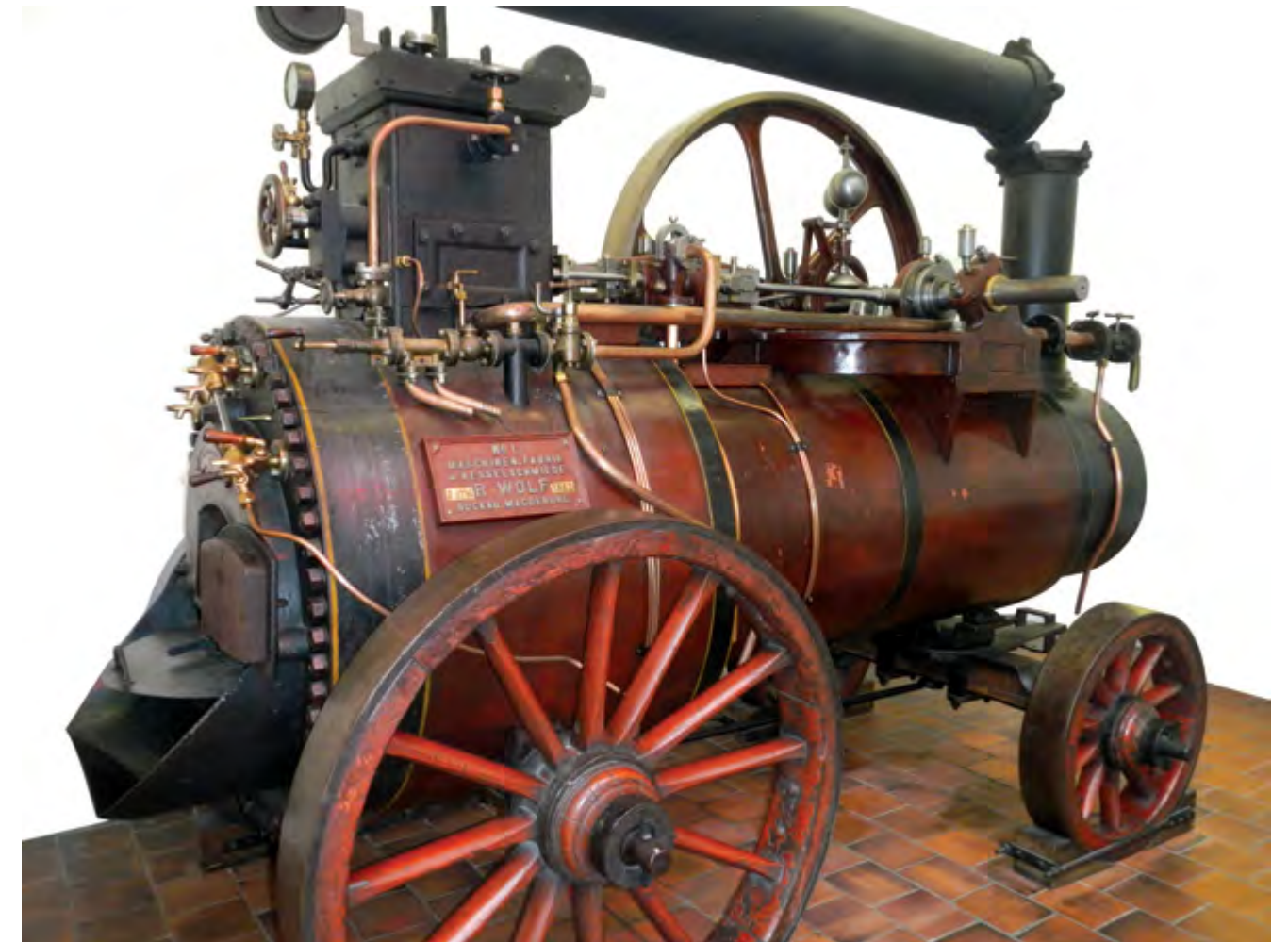


Figura 2.19: Locomóvil. Este tipo de máquina fue muy empleado en los aserraderos y en los trabajos agrícolas de las haciendas en México. Deutsches Museum, München, Alemania.

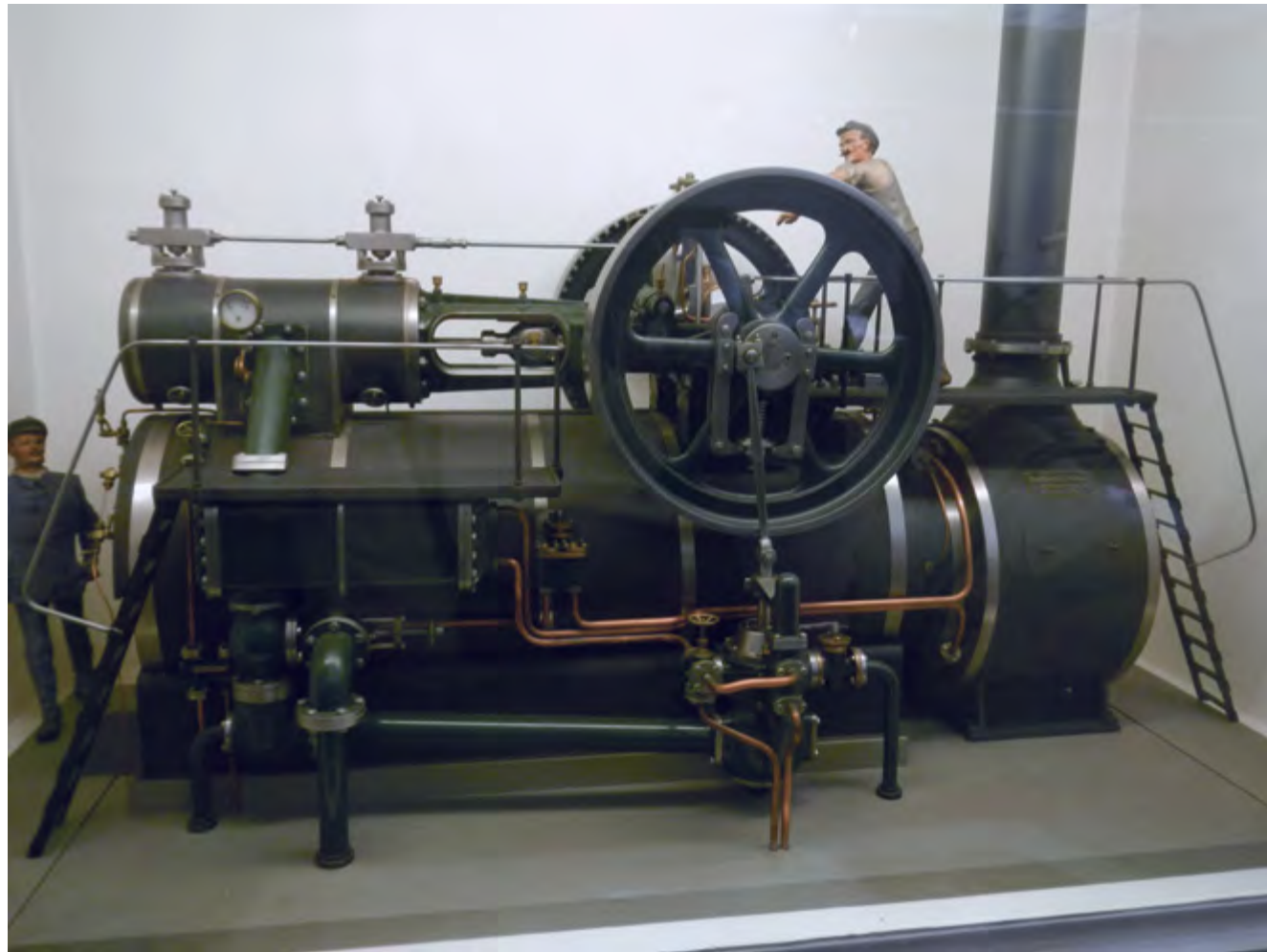


Figura 2.20: Máquina de vapor estacionaria empleada en las fábricas pequeñas. Deutsches Museum, München, Alemania.

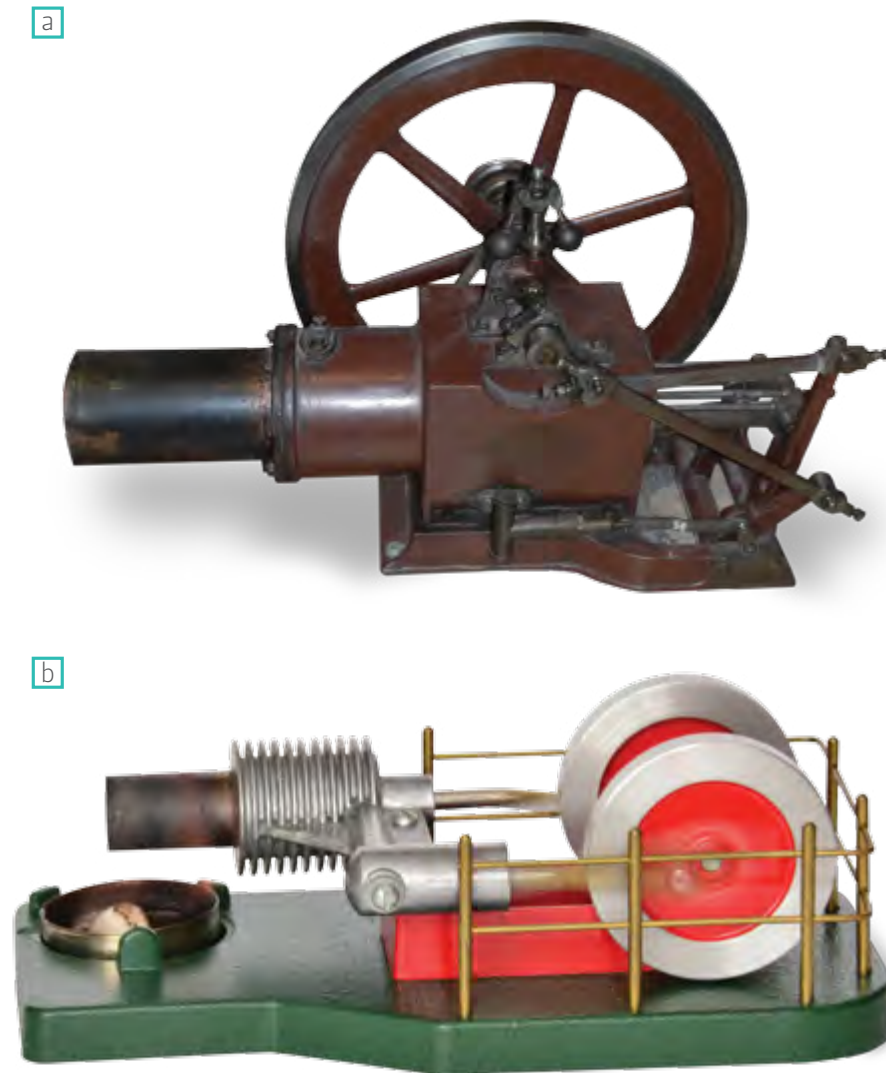


Figura 2.21: (a) Máquina Sterling de aire caliente en Deutsches Museum, München, Alemania. (b) Fotografía de los autores de un modelo de máquina Sterling de aire caliente en funcionamiento.

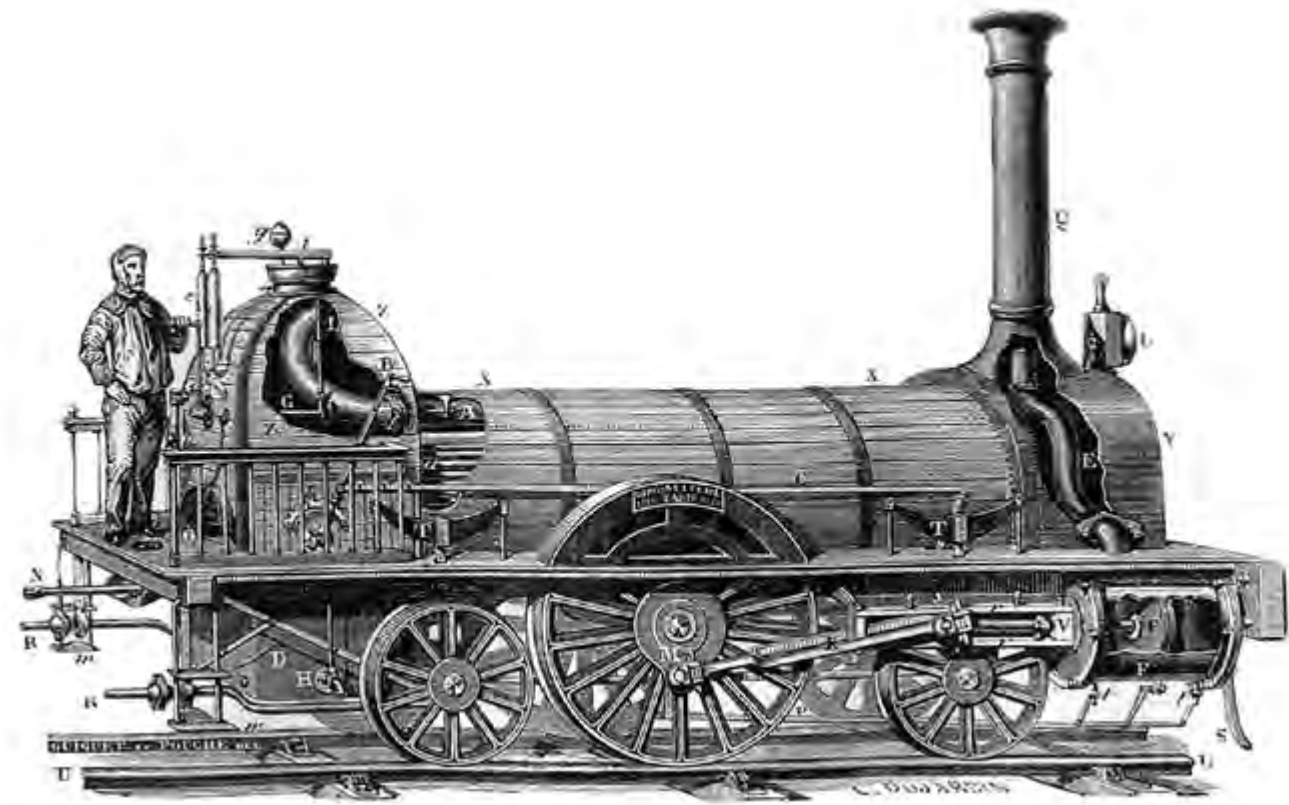


Figura 2.22: Locomotora de principios del siglo XIX. Grabado del libro [1], p. 435.

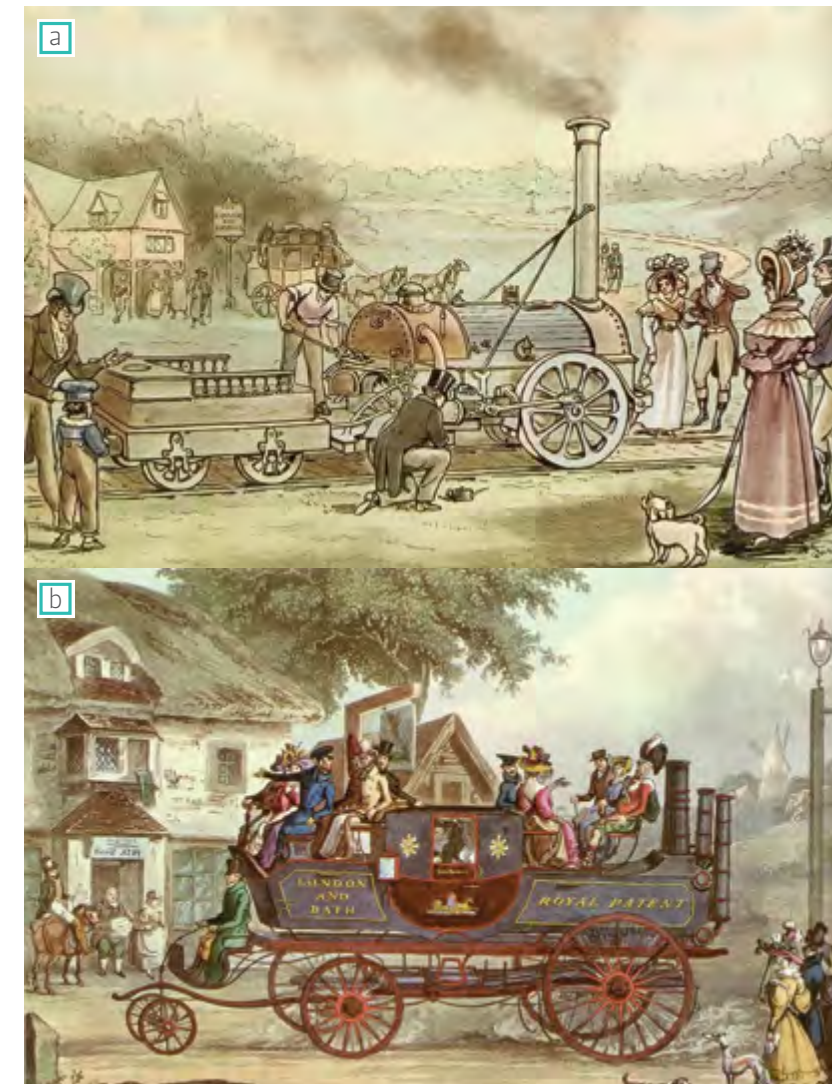


Figura 2.23: (a) The Rocket (1829) de George Stephenson. Ferrocarril de Liverpool a Manchester. (b) Primitivo carruaje de vapor. Museo Británico. Dibujos del libro [12], p. 304.

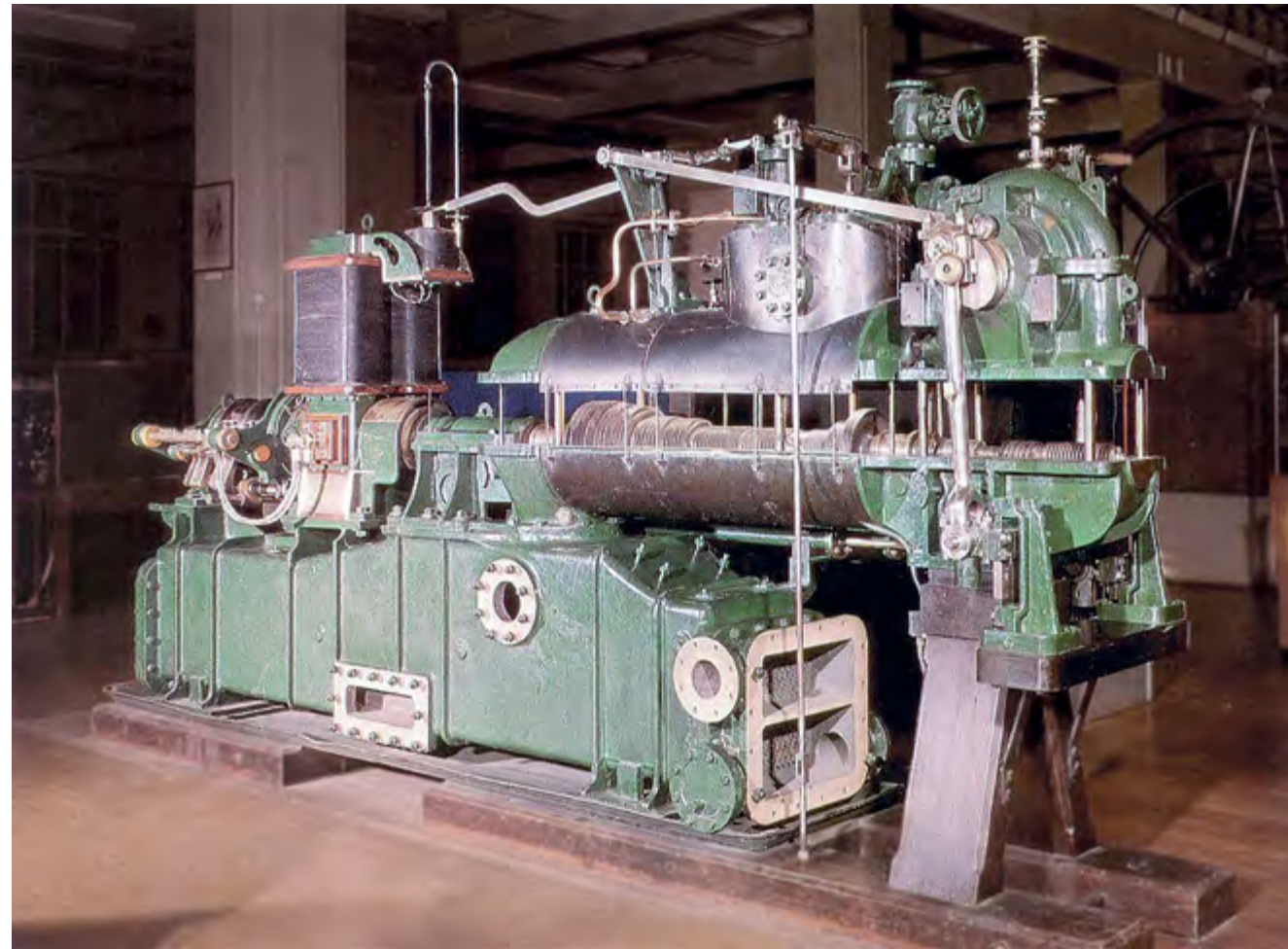


Figura 2.24: Turbo generador de vapor diseñado por Charles Parsons, 1901. The Science Museum, Londres, Inglaterra.

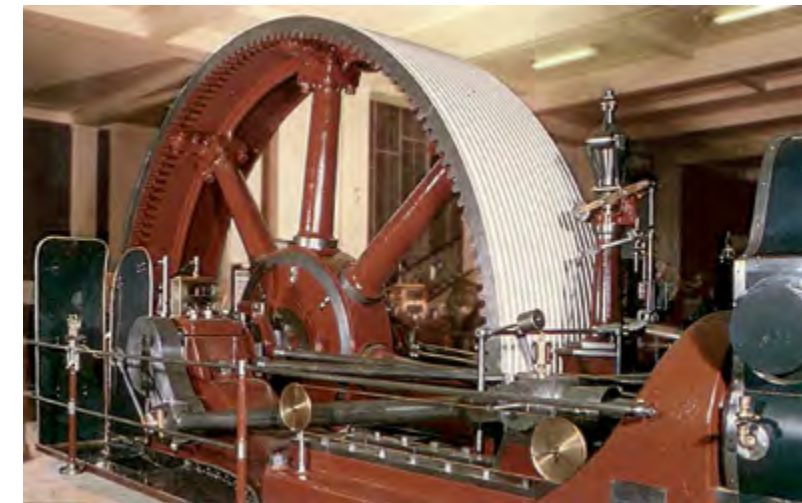


Figura 2.25: Máquina de vapor estacionaria para fábrica, 1903. The Science Museum, Londres, Inglaterra.



Figura 2.26: Sala de telares. Dibujo de [13], p. 307.

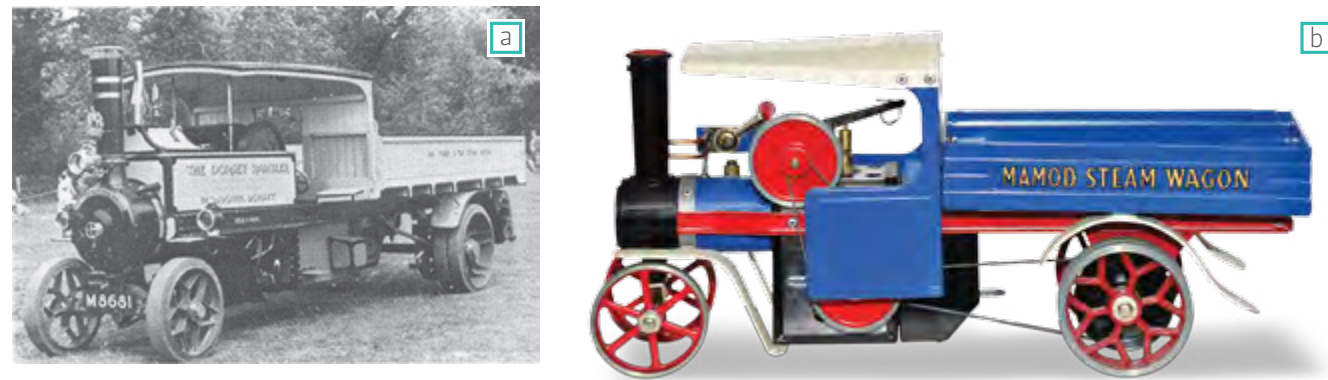


Figura 2.27: (a) Camión de vapor Foden, 1916. Fotografía de [14], p. 356.
(b) Camión de vapor de juguete de tipo Foden, 1916. Fotografía de los autores.

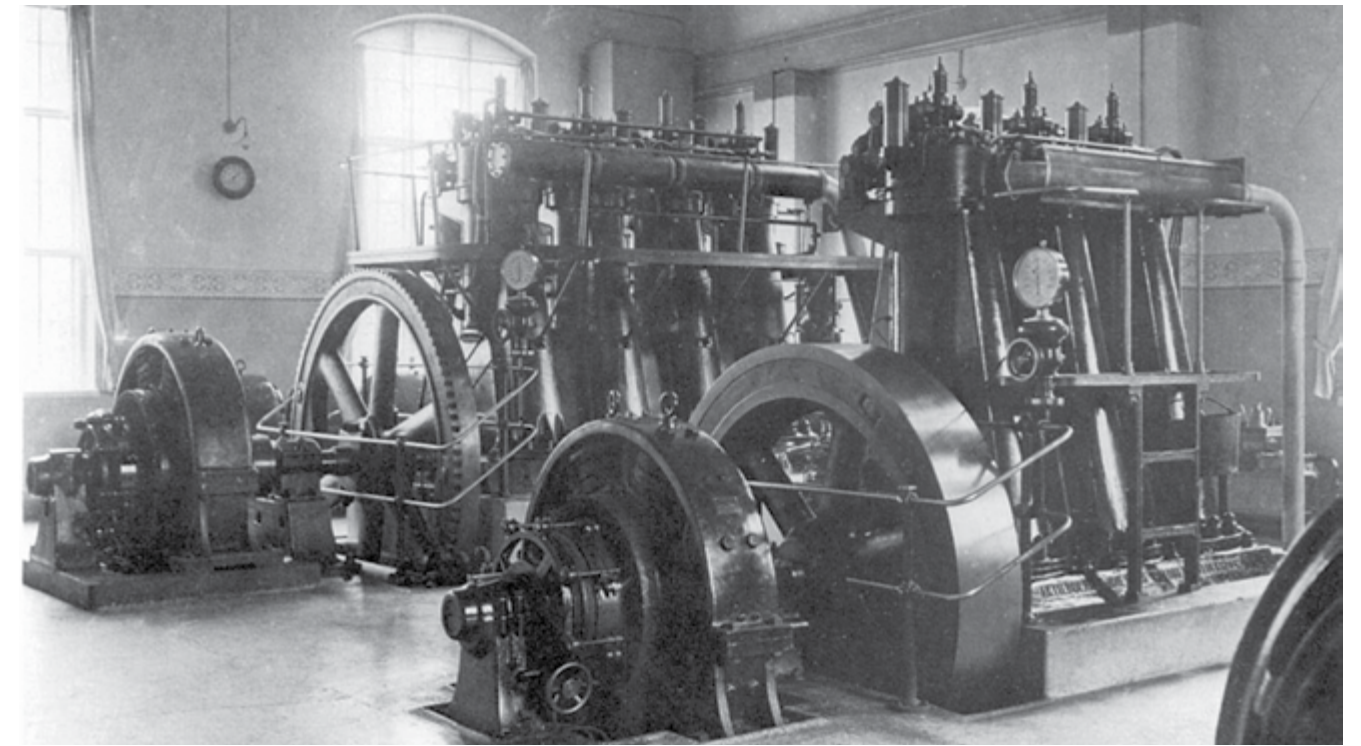


Figura 2.28: Planta eléctrica con motor diesel marca Atlas Copco [15]. Este tipo de plantas fueron muy empleadas entre 1935 y 1960 en muchas poblaciones de México.



Figura 2.29: Este manual de ingeniería, publicado en Inglaterra en 1916, ilustra algunas de las 12 ramas que se brindaban entonces a los estudiantes interesados. Grabado obtenido de [4], p. 11.

2.2.1. El futuro de la ingeniería mecánica

La demanda de ingenieros mecánicos continúa creciendo tan rápidamente como siempre, mientras la duración y calidad de su preparación se incrementa. El alto nivel de vida de los países avanzados debe mucho a la maquinaria desarrollada por la ingeniería mecánica. El ingeniero mecánico continuamente debe diseñar máquinas para producir satisfactorios y desarrollar máquinas y herramientas de creciente precisión y complejidad para poder construirlos.

Por otra parte, es cada vez más claro que el crecimiento de la población y el incremento en los niveles de vida plantean problemas formidables relativos a la contaminación ambiental y a la disminución de recursos naturales y fuentes de energía. En el ataque frontal a estos problemas, la ingeniería mecánica junto con la eléctrica están llamadas a ocupar un lugar de primer orden.



Figura 2.30: Motor de avión. Museo BMW München.



Figura 2.31: Tren de alta velocidad español. Fotografía tomada de [16].

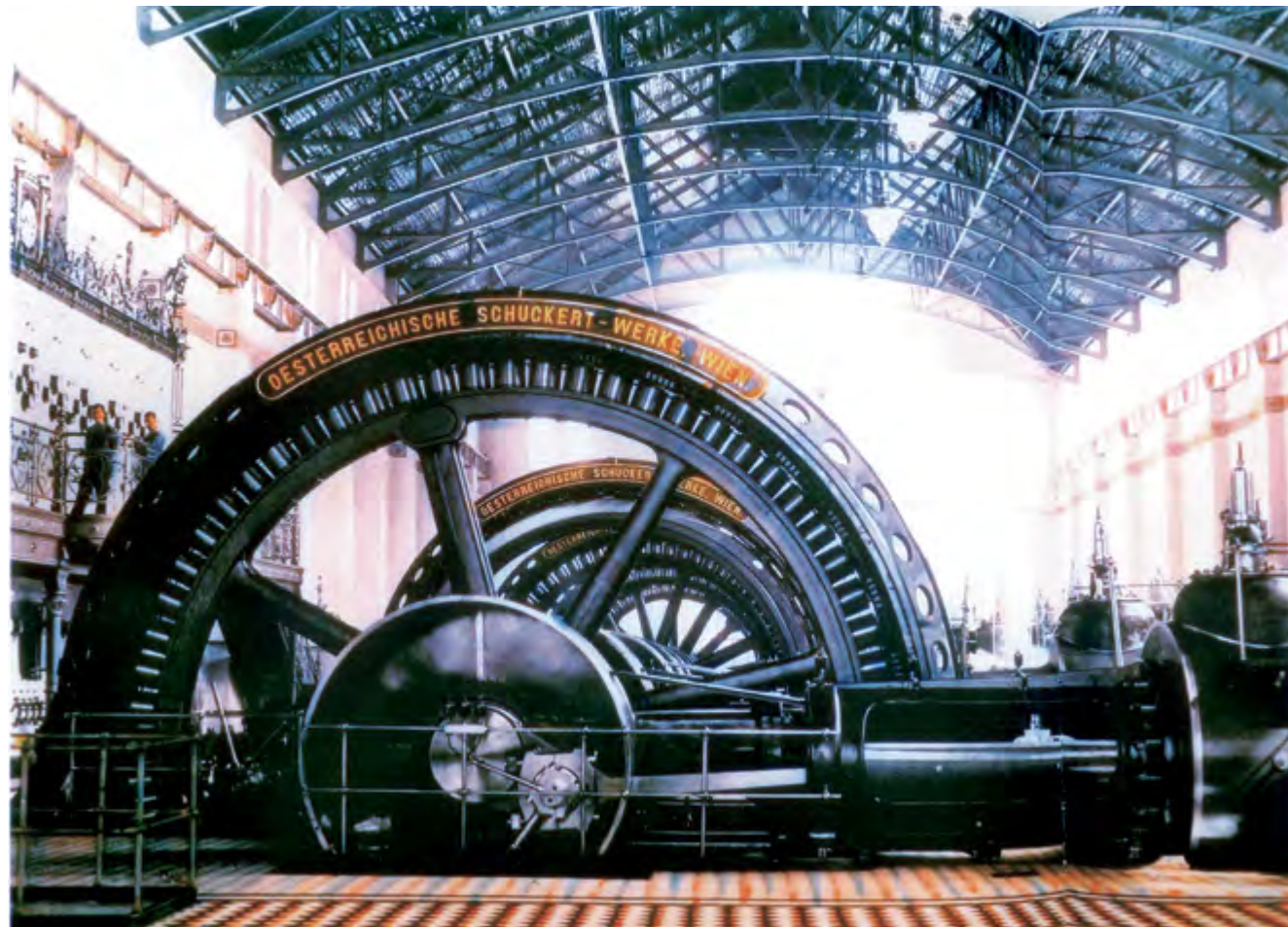


Figura 2.32: Planta eléctrica con motor de vapor recíprocante en la ciudad de Viena, Austria, circa 1910. Fotografía obtenida de [17], pp. 232–233.

2.3. Electricidad, ingeniería eléctrica y electrónica

Desde el principio del universo hubo electricidad. Aun antes de aparecer la vida en nuestro planeta, hace más de cuatro mil millones de años, grandes descargas eléctricas iluminaban los cielos. Los rayos constituyen una de las manifestaciones más dramáticas de la forma de energía llamada electricidad. Al evolucionar la vida, la electricidad se convirtió en elemento fundamental del mundo animado. Forma la base de los impulsos nerviosos. Nuestros ojos reciben rayos de luz y los convierten en señales eléctricas que son conducidas por los nervios hasta el cerebro y el resto del cuerpo. Incluso nuestra habilidad para pensar depende de delicadas señales eléctricas que recorren las células cerebrales llamadas neuronas.

Es indudable que los fenómenos eléctricos y magnéticos fueron conocidos desde la más remota antigüedad, pero se cree que los primeros estudios fueron efectuados por el científico griego Tales de Mileto (c.625–547 a. C). La palabra “electricidad” se deriva de *electrón*, el término griego que significa ámbar; material utilizado en los primeros experimentos de electrostática.

Los fenómenos eléctricos atrajeron la atención de pensadores europeos en época tan temprana como el siglo XVII; pero no es sino en 1800

cuando tiene lugar la invención de la pila eléctrica por Alessandro Volta. Los trabajos de investigadores tan importantes como Georg Simon Ohm de Alemania, Hans Christian Ørsted de Dinamarca, André-Marie Ampère de Francia, Joseph Henry de los Estados Unidos y Michael Faraday de Inglaterra, culminaron en la invención del dínamo y el motor eléctrico de Gramme en 1873.

La ciencia actual vincula estrechamente entre sí los fenómenos eléctricos y los magnéticos. Científicamente puede decirse que el hecho no empezó a comprobarse sino a partir de la famosa memoria de Hans Christian Ørsted, *Experimenta circa effectum conflictus electrici in acum magneticum*. (“Experimentos relativos a los efectos de la electricidad sobre la aguja magnética”, 1820). Pero es interesante observar que el único conocimiento que se obtuvo en la Antigüedad clásica y que pertenece al alba misma de la ciencia griega abarca al mismo tiempo un fenómeno magnético y otro eléctrico. Tales observó que un pedazo de la piedra conocida hoy con el nombre de magnetita atrae el hierro y que también el ámbar frotado puede atraer pedacitos de cuerpos livianos como plumas y paja.

William Gilbert fue un médico de la reina Isabel I de Inglaterra. En 1600 escribió un libro titulado *De magnete*, en el cual no sólo se ocupa de los imanes sino que incluye una generalización del principio de



Figura 2.33: Descargas eléctricas. Fotografía del libro [18], pp. 86–87.



Figura 2.34: Alegoría sobre la electricidad al servicio de la humanidad. Tomada del libro [19], p. 158.

atracción para incluir las propiedades del ámbar. Fue la primera persona que usó la palabra “eléctrico” e inventó lo que se considera el primer instrumento eléctrico *el versorium*, cuyos descendientes son los electroscopios y galvanómetros. No obstante que los estudios de Gilbert sirvieron de inspiración para el establecimiento de la teoría de la gravitación, sus experimentos no fueron desarrollados más allá del punto en que él los dejó. En sus primeras etapas estos experimentos no parecían tener alguna aplicación provechosa, más bien se les tenía como una especie de juguete filosófico y, por consiguiente, se les prestaba escaso interés en esa época en que la mecánica y los experimentos con las máquinas neumáticas y el vacío llamaban tanto la atención.

Hacia 1640 Niccolo Cabeo, un jesuita italiano, descubrió que dos *eléctricos* se podían repeler. Cuerpos pequeños no electrificados eran atraídos hacia la sustancia electrificada, pero dos *eléctricos* electrificados se repelían.

El periodo de 1650 a 1750 fue una época en que se investigó y discutió la naturaleza de la luz, el calor, la electricidad y los objetos materiales, por muchos hombres distinguidos de toda Europa. El concepto de *elementos* químicos fue tomando forma y parecía muy natural que quizá el calor la luz y la electricidad fueran algunos tipos sutiles de elementos muy relacionados entre sí y, quizá, aun idénticos.

Von Guericke, el inventor de máquina neumática, construyó en 1665 el globo rotatorio o esfera que producía chispas por fricción. Este aparato constituyó el tipo de las máquinas eléctricas de los cien años siguientes. Un discípulo de Newton, Stephen Gray, descubrió que los efectos eléctricos podían transmitirse de un lugar a otro por los metales y fibras húmedas. Estas eran las sustancias que se habían llamado *no eléctricas*, pues al frotarlas no quedaban, por lo general, electrificadas. Desde entonces Gray las llamó *conductores*. Las noticias de estos experimentos se propagaron pronto e hicieron que la electricidad se convirtiera en una diversión.

En Francia, Charles François de Cisternay du Fay continuó las investigaciones de Stephen Gray sobre la conducción de la electricidad y en 1735 encontró que existen dos clases de electricidad: la vítrea (positiva) y la resinosa (negativa). Se empezaron entonces a realizar toda clase de experimentos y pronto surgió la idea de acumular el fluido eléctrico en botellas. En 1745 Von Kleist, clérigo de Pomerania, intentó hacer pasar la electricidad a una botella valiéndose de un clavo, recibiendo una descarga. Algunos meses después, y al parecer de manera independiente, el holandés Musschenbroek consiguió realizar el mismo experimento, en la Universidad de Leyden. Trabajando como constructor de aparatos científicos, su nombre quedó asociado con lo que todavía se denomina botella de Leyden. Este descubrimiento tuvo un efecto verdaderamente explosivo. Los choques



Figura 2.35: William Gilbert [20].



eléctricos se pusieron entonces de moda en salones y cortes. El rey de Francia ordenó la “electrificación” de su brigada de guardias, los cuales saltaban al unísono al recibir las descargas.

El entusiasmo por la electricidad llegó hasta Filadelfia, donde Benjamín Franklin, con su vigoroso sentido común y con aparatos de su propia invención, fue capaz de esclarecer las confusiones sobre los experimentos eléctricos y propuso la explicación de que sólo existe una clase de electricidad y no dos. Así, cuando se agrega alguna cantidad, un cuerpo queda cargado positivamente y cuando se le sustrae

Figura 2.36: Experimento de Musschenbroek. Grabado del libro [19].

queda cargado negativamente. No obstante, lo que verdaderamente impresionó al mundo fue la analogía entre la chispa eléctrica producida en el laboratorio y el rayo que logró atrapar con su cometa, demostrando que también era una descarga eléctrica.

A pesar de los avances mencionados, la electricidad y el magnetismo siguieron siendo fluidos misteriosos e imponderables y su estudio cuantitativo no se pudo emprender hasta que se encontró un procedimiento para medir sus efectos. En 1780 el físico francés Charles A. Coulomb llevó a cabo experimentos muy ingeniosos con una balanza de torsión, estableciendo la ley del cuadrado inverso para la atracción y repulsión de las cargas eléctricas. En la misma época, el anatomista italiano Luigi Galvani descubrió accidentalmente que las ancas de rana parcialmente disectadas se contraían cuando se tocaban con pares de metales distintos, en forma semejante a como lo hacían cuando las tocaban las chispas de una *máquina eléctrica*. Galvani pensó que había electricidad en los músculos de la rana y la llamó *electricidad animal*. Cuando el físico italiano Alessandro Volta se enteró de estos experimentos, sugirió que los efectos eran producidos únicamente por el contacto entre los dos metales y los llamó *electricidad metálica*. Fuertes discusiones sobre el asunto continuaron durante años y ahora se sabe que ninguna de las dos explicaciones era totalmente correcta.



Figura 2.37: Benjamin Franklin. Grabado del libro [20].

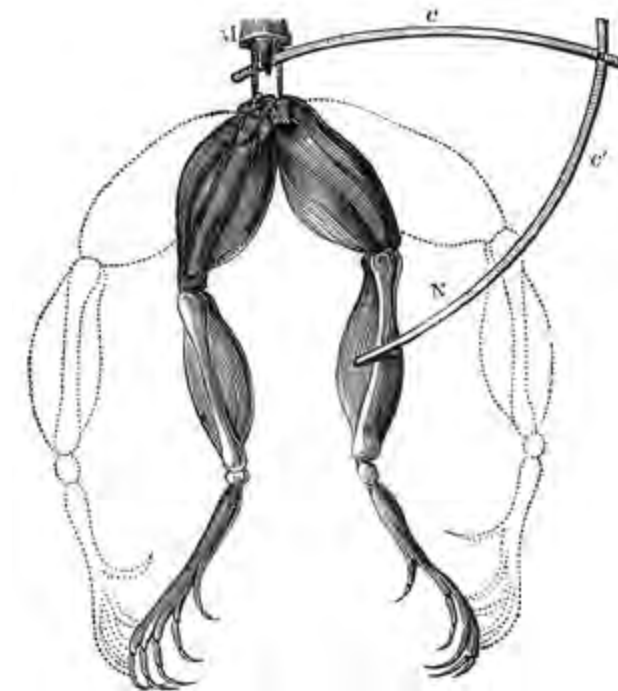


Figura 2.38: Experimento de Galvani que muestra la contracción de las ancas de rana al ser tocadas con dos barras de diferentes metales. Grabado del libro [19].

En realidad Galvani descubrió la corriente eléctrica pero no llegó a darse cuenta de ello. Su interés por la fisiología de los nervios hizo que viera en sus experimentos, más bien, una prueba de la electricidad animal.

Se necesitó de la mente más lógica de Alessandro Volta, profesor de la Universidad de Pavía para llegar a comprender cabalmente el significado de las experiencias de Galvani. En 1800 Volta demostró que era posible producir electricidad prescindiendo de cualquier animal, colocando simplemente dos piezas de diferente metal entre pequeñas piezas de tela empapadas en agua salada o ácidos débiles. De este modo se inventó lo que actualmente se conoce como "Pila Voltaica".

El progreso que tuvo la electricidad en las siguientes décadas del siglo XIX, es un claro ejemplo de los efectos convergentes de toda la ciencia. Los médicos se interesaron en la electricidad por sus efectos fisiológicos y trataron de encontrar en ella nuevos métodos de tratamiento a las enfermedades. Al mismo tiempo, y también en parte a través de los médicos, la electricidad fue puesta al servicio de la química. Pocas semanas después de la invención de la Pila de Volta, el doctor Anthony Carlisle, cirujano londinense, y su amigo William Nicholson, ingeniero y publicista científico, la utilizaron para descomponer el agua en sus elementos constituyentes: oxígeno e hidrógeno. De este modo se inició el desarrollo de una nueva disciplina conocida como "electroquímica".

La gran cantidad de analogías encontradas entre la electricidad y el magnetismo hizo pensar a los físicos en la existencia de alguna conexión entre ellos. Con la invención de la Pila de Volta, en 1800, los científicos dispusieron de un flujo continuo de corriente eléctrica, abriéndose así un nuevo campo de experimentación. Veinte años más tarde Hans Christian Ørsted, en Copenhagen, observó que un alambre por el que pasaba una corriente eléctrica afectaba la aguja de una brújula cercana (figura 2.43). Esta revelación causó enorme revuelo pues estaba en contradicción con la filosofía ortodoxa de la época, en la que predominaban las ideas newtonianas. Hasta entonces sólo se conocían las fuerzas que actúan a lo largo de la línea que une los centros de los cuerpos; en cambio, el polo magnético se mueve perpendicularmente a la línea que lo une con el alambre conductor de la corriente. Este fue el primer hecho que excedió la simple teoría del campo *escalar* y abrió el camino para la teoría más general del campo *vectorial*, en la cual es necesario tomar en cuenta la dirección y el sentido de las fuerzas, además de su magnitud. Estos descubrimientos físicos dieron un nuevo impulso a las matemáticas y las liberaron de su apego a la tradición newtoniana, que había acabado por esterilizarlas.

Cuando el destacado científico francés André-Marie Ampère repitió los experimentos de Ørsted, pudo

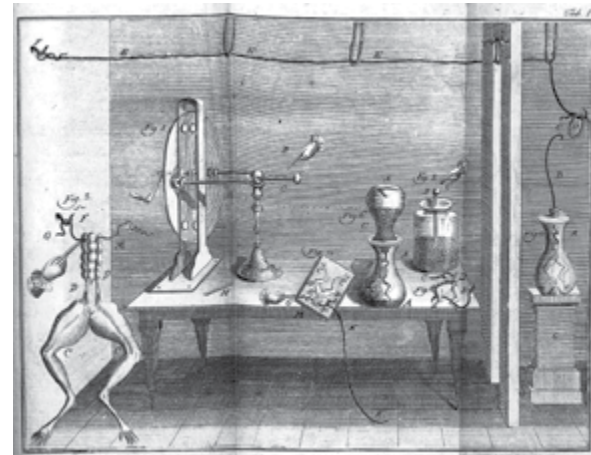


Figura 2.39: Galvani. Grabado del libro [20] p. 16.



Figura 2.40: Alessandro Volta y pila de Volta. Fotografías del libro [20].



Figura 2.41: Napoleón observa atentamente el funcionamiento de la Pila de Volta. Se impresionó tanto que otorgó a su inventor el título de Conde. Cuadro de la época tomado de [13], p. 273.



Figura 2.42: Hans Christian Ørsted y experimento de Hans Christian Ørsted. Fotografías de [20].

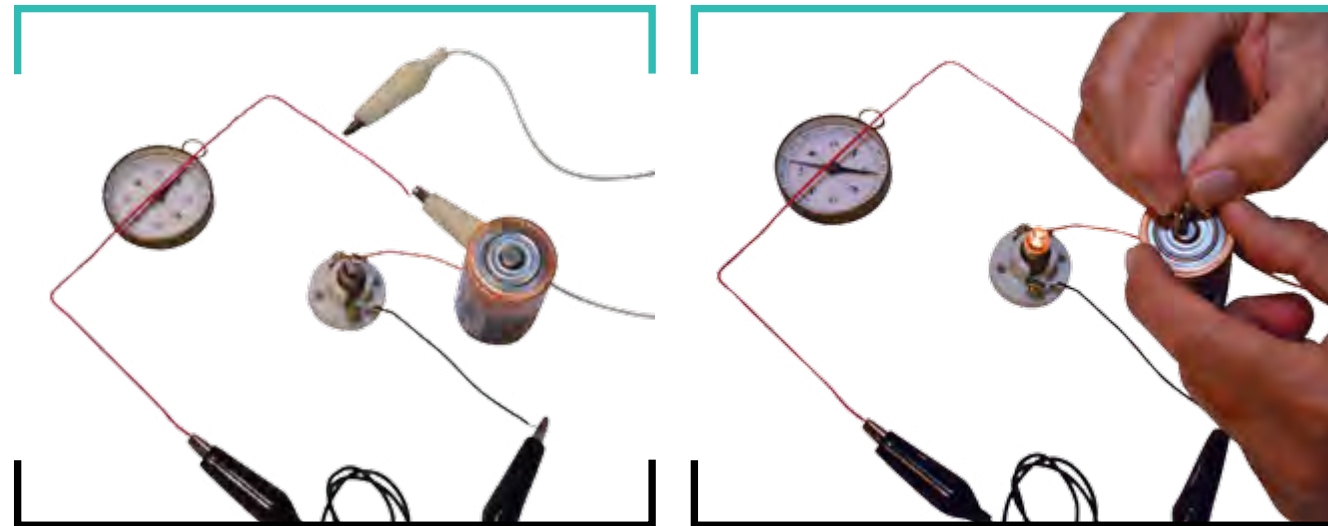


Figura 2.43: Experimento de Ørsted efectuado y fotografiado por los autores.



Figura 2.44: André-Marie Ampère. Fotografía de [20].

establecer la teoría y la descripción matemática del fenómeno, iniciando así la ciencia de la electrodinámica. Otros destacados físicos en ese campo fueron Jean Baptiste Biot y Felix Savart. El descubrimiento del campo magnético alrededor de un alambre que transporta corriente y el hecho de que una bobina de alambre tuviera un mayor efecto magnético condujeron al desarrollo del electroimán, efectuado por William Sturgeon en 1825.

En una serie de experimentos efectuados entre 1825 y 1827 el científico alemán Georg Ohm, encontró que no hay conductores eléctricos perfectos y estableció el concepto de resistencia eléctrica que relaciona el flujo de corriente con la diferencia de potencial.

A pesar de todas las investigaciones en el campo del magnetismo y la electricidad mencionadas, para que se llegara a comprender plenamente su estrecha relación todavía tuvo que darse otro paso más decisivo. Ya se había demostrado que la corriente eléctrica produce magnetismo; pero faltaba encontrar de qué manera el magnetismo puede producir una corriente eléctrica. Este descubrimiento, que no se hizo de manera accidental como el de Ørsted, fue hecho once años después por Michael Faraday en Inglaterra y Joseph Henry en los Estados Unidos.

Faraday está considerado como el físico más destacado del siglo XIX y el mejor de todos los investigadores experimentales. Albert Einstein consideraba que Faraday pertenece al pequeño grupo de científicos máximos que incluye a Arquímedes, Galileo, Newton, Lavoisier y Darwin. En 1831 cuando Faraday tenía 40 años de edad y se había logrado liberar de las restricciones que los celos de Humphry Davy habían puesto a su trabajo, demostró que la relación entre el magnetismo y la electricidad era dinámica y no estática como se creía, ya que para producir una corriente es necesario que el imán se mueva cerca de un conductor eléctrico. Esta observación decisiva mostró que no sólo el magnetismo es equivalente a la electricidad en movimiento, sino que también y recíprocamente, la electricidad es magnetismo en movimiento. Desde entonces ambos grupos de fenómenos tuvieron que ser estudiados conjuntamente en la nueva ciencia del *electromagnetismo*.

El descubrimiento de Faraday y Henry fue también de mayor importancia práctica que el de Ørsted debido a que hizo posible la generación de corriente eléctrica por la acción mecánica y, más aún, permitió el desarrollo del motor eléctrico. Puede decirse que toda la industria eléctrica de potencia tuvo su fundamento en el descubrimiento de Faraday; aunque todavía tuvieron que transcurrir casi cincuenta años para su completo aprovechamiento.



Figura 2.45: Georg Ohm. Fotografía de [20].

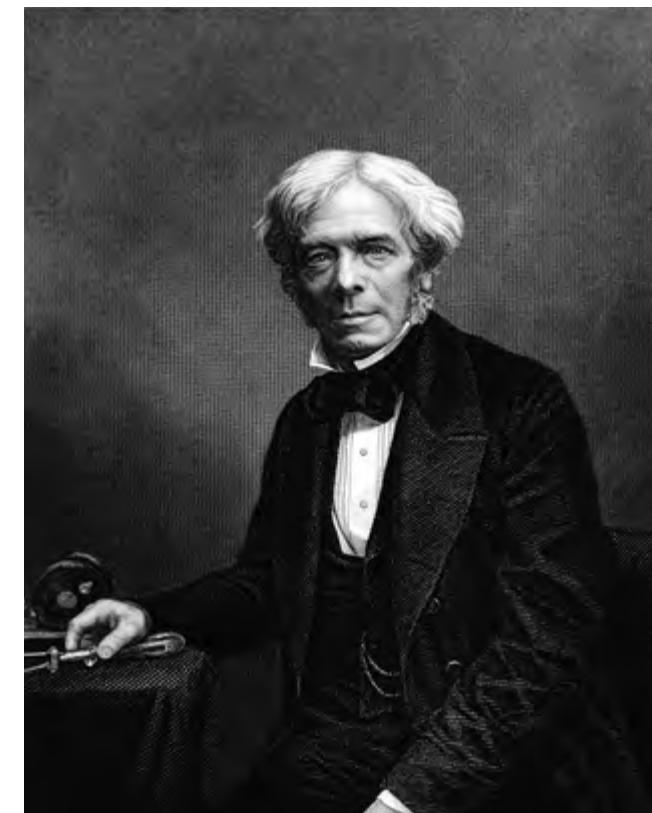


Figura 2.46: Michael Faraday. Fotografía de [20].

La traducción matemática formal de las consideraciones cualitativas de Faraday fue obra del destacado físico y matemático James Clerk Maxwell, quien hizo una síntesis de la teoría electromagnética entera —salvo los efectos producidos por las descargas eléctricas en los gases enrarecidos— con sus famosas ecuaciones, desarrolladas entre 1861 y 1865, conocidas en su forma actual gracias al trabajo de Oliver Heaviside, Josiah Willard Gibbs y Heinrich Rudolf Hertz. Las ecuaciones de Maxwell hicieron posible el establecimiento de una nueva relación entre las ciencias poniendo en claro que la luz no es sino una onda electromagnética e inferir que deberían existir otras similares pero con diferentes frecuencias.

Al iniciarse el siglo XIX nadie sospechaba siquiera la existencia de tipos de “luz” invisibles más allá de los límites del espectro visible. Su descubrimiento fue el resultado inesperado de un experimento realizado en 1800 por el astrónomo William Herschel, famoso por haber descubierto el planeta Urano. Durante sus observaciones notó que los filtros de distintos colores parecían transmitir diferentes cantidades de calor. Al efectuar mediciones en el espectro solar observó que la temperatura aumentaba mucho en el extremo rojo, y que al llegar a la zona donde esta luz se desvanecía había una mucho más caliente, concluyendo que el Sol emitía rayos invisibles, a los cuales llamó caloríficos. Siguiendo

una línea similar de razonamiento, el químico alemán Johann Wilhelm Ritter descubrió en el otro extremo del espectro la radiación ultravioleta.

El estudio del espectro de la luz visible dio por resultado el desarrollo de una nueva rama de la ciencia conocida como “espectroscopía”, de enorme valor para muchas clases de análisis, tanto en astronomía como en química y física atómica. La invención del espectroscopio y el desarrollo de la espectroscopía se deben fundamentalmente a dos científicos alemanes: Robert Wilhelm von Bunsen (1811–1899) y Gustav Robert Kirchhoff (1824–1887).

Pasaremos ahora a mencionar el interesante proceso de convertir los descubrimientos de laboratorio en aplicaciones prácticas que dieron origen a la “Segunda Revolución Industrial”, que algunos escritores llaman “Revolución Eléctrica”. En realidad desde la década de 1830 la electricidad había comenzado a contribuir en directamente en la vida social y económica: primero en las comunicaciones con el telégrafo eléctrico (Samuel Morse, 1833) y luego en la galvanoplastia; pero no será sino hasta el último cuarto del siglo XIX cuando la electricidad se convertirá en la fuerza motriz de la Segunda Revolución Industrial. Ahora, más que grandes teóricos y científicos es el momento de los grandes ingenieros:



Figura 2.47: Joseph Henry. Fotografía de [20].



Figura 2.48: (a) Espectro debido a la descomposición de la luz blanca obtenido con un prisma. (b) Amplificación del espectro.



Figura 2.49: Espectro debido a la descomposición de la luz blanca obtenido con una rejilla de difracción.



Figura 2.50: Espectroscopio moderno con prisma. Colección particular.

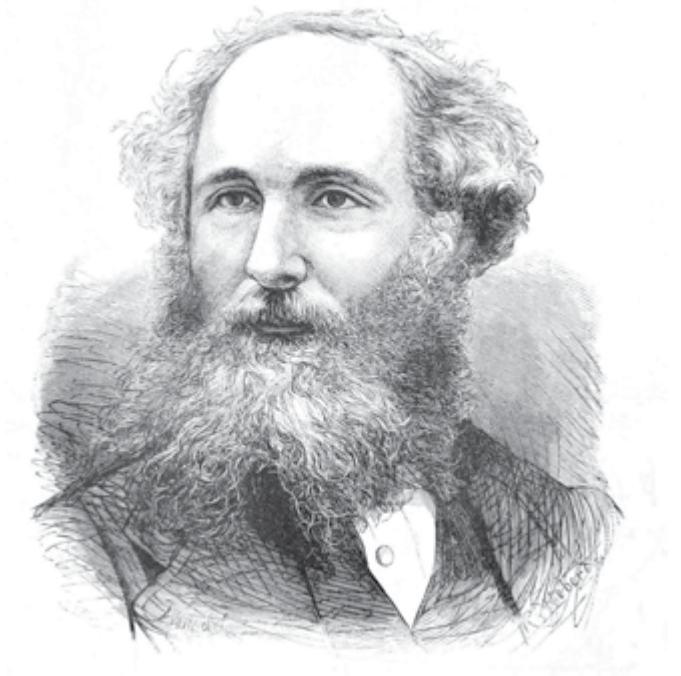


Figura 2.51: James Clerk Maxwell. Fotografía de [21].

Ecuaciones de Maxwell

$$\oint \mathbf{E} \cdot d\mathbf{A} = \frac{q_{enc}}{\epsilon_0}$$

$$\nabla \cdot \mathbf{E} = \rho/\epsilon_0$$

La primera ecuación de Maxwell es la ley de Gauss, que describe la forma y fuerza de un campo eléctrico, mostrando que se reduce con la distancia, siguiendo la misma ley del inverso del cuadrado que la gravedad.

$$\oint \mathbf{E} \cdot d\mathbf{s} = -\frac{d\Phi_B}{dt}$$

$$\nabla \times \mathbf{E} = -\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t}$$

La tercera ecuación describe cómo las corrientes eléctricas cambiantes crean campos magnéticos.

$$\oint \mathbf{B} \cdot d\mathbf{A} = 0$$

$$\nabla \cdot \mathbf{B} = 0$$

La segunda ecuación describe la forma y fuerza de un campo magnético: las líneas de fuerza siempre van en curvas del polo norte al sur de un imán (y un imán siempre tiene dos polos).

$$\oint \mathbf{B} \cdot d\mathbf{s} = \mu_0 \epsilon_0 \frac{d\Phi_E}{dt} + \mu_0 i_{enc}$$

$$\nabla \times \mathbf{B} = \mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial \mathbf{E}}{\partial t} + \mu_0 \mathbf{j}_c$$

La cuarta ecuación describe cómo los campos magnéticos cambiantes crean corrientes eléctricas, y también se conoce como ley de inducción de Faraday.

Figura 2.52: Ecuaciones de Maxwell.

- Alexander Graham Bell (1847-1922). Teléfono.
- George Westinghouse (1846-1914). Inventor e impulsor del uso de la corriente alterna.
- Antonio Pacinotti (1841-1912). Al estudiar la generación de la corriente eléctrica, tuvo la idea de dar forma anular al inducido de su dínamo en 1868, es decir, unos cinco años antes que Zénobe Gramme. Su aparato era reversible y podía funcionar como motor.

Otros destacados ingenieros fueron:

- Zénobe Théophile Gramme (1826-1901). Dínamo de Gramme.
- Werner Von Siemens (1816-1892). Industrial y pionero de la electrotecnia.
- Nikola Tesla (1856-1943). Motor de inducción, bobina de Tesla, corriente alterna.
- Frank Julian Sprague (1857-1934). Motores de tranvías, trenes eléctricos, ascensores.
- Thomas Alva Edison (1847-1931). Prolífico inventor e impulsor de una nueva relación entre la investigación científico técnica y el mercado capitalista.

La primera aplicación práctica de la electricidad fue el telégrafo electromagnético inventado por Samuel F. B. Morse en 1837. Con la evolución de los sistemas telegráficos surgió la profesión de “Ingenieros telegrafistas”, pero la necesidad de “Ingenieros electricistas” no fue sentida sino hasta la invención del teléfono por Alexander Graham Bell en 1876 y la lámpara incandescente de Edison en 1878.

Con la creación de la primera planta generadora de electricidad en New York en 1882, surgió de la noche a la mañana una gran demanda de personas entrenadas para trabajar con la electricidad (figura 2.63). El telégrafo, por necesitar poca corriente, condujo principalmente al perfeccionamiento de las pilas y los instrumentos receptores. La galvanoplastia requirió corrientes más intensas y suscitó el empleo de electricidad generada mecánicamente, como el “Generador de Pixii”, el cual usaba imanes permanentes que no lo hicieron muy eficaz. Por lo demás, la demanda de la industria de la galvanoplastia nunca fue muy amplia. La luz de arco trajo consigo una mayor demanda de energía y planteó la necesidad de construir generadores más eficientes como la dínamo de Gramme y la máquina dinamoeléctrica de Henry Wilde y Werner von Siemens.

Paralelamente a los avances en la iluminación eléctrica, el perfeccionamiento de los motores eléctricos permitió su aplicación al transporte, motivando la invención de los ferrocarriles y tranvías eléctricos.

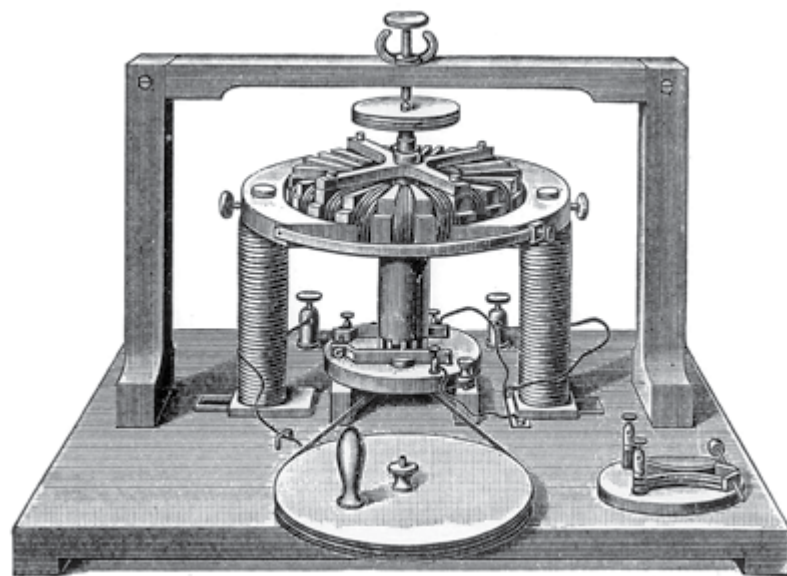


Figura 2.53: Generador de Pacinotti. Grabado tomado de [19].

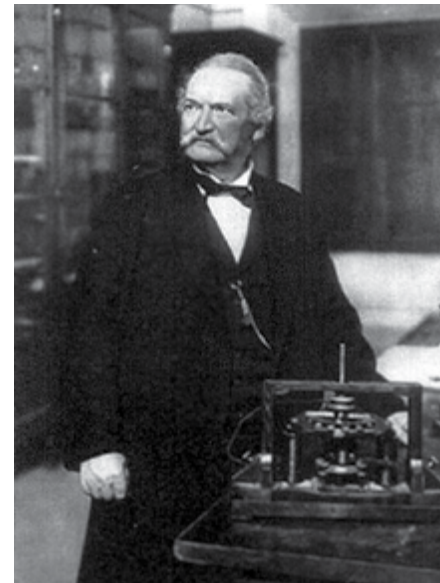


Figura 2.54: Antonio Pacinotti. Fotografía tomada de [22].



Figura 2.55: Dínamo de Gramme. Fotografía tomada de [19].



Figura 2.56: Zénobe Théophile Gramme. Fotografía tomada de [23].

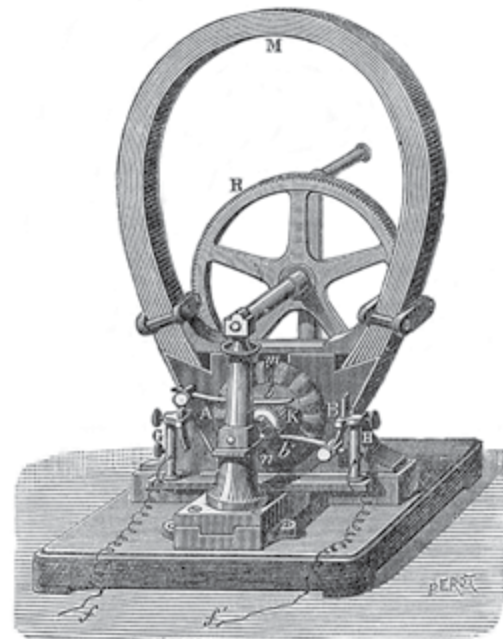


Figura 2.57: Dínamo de Gramme. Grabado tomado de [24].

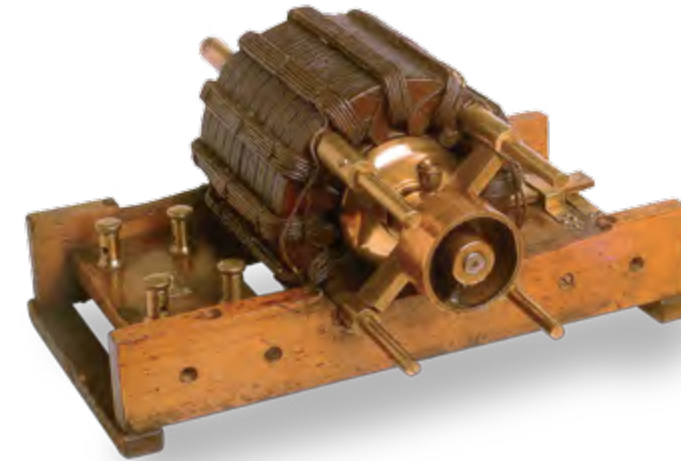


Figura 2.58: Motor de inducción. Fotografía tomada de [20].

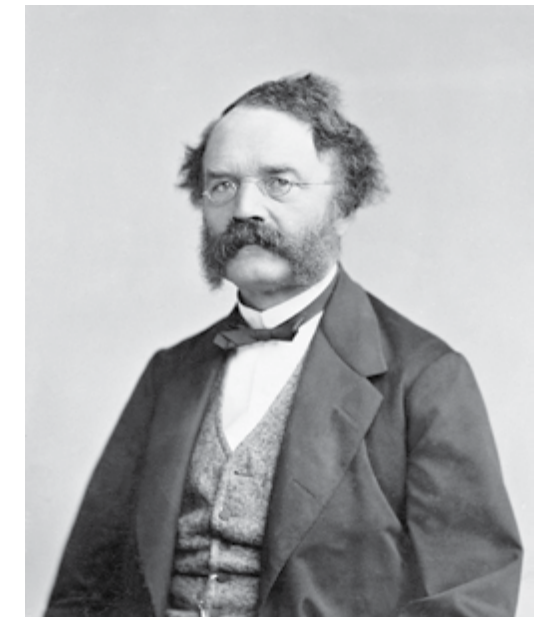


Figura 2.59: Werner von Siemens. Fotografía tomada de [5].

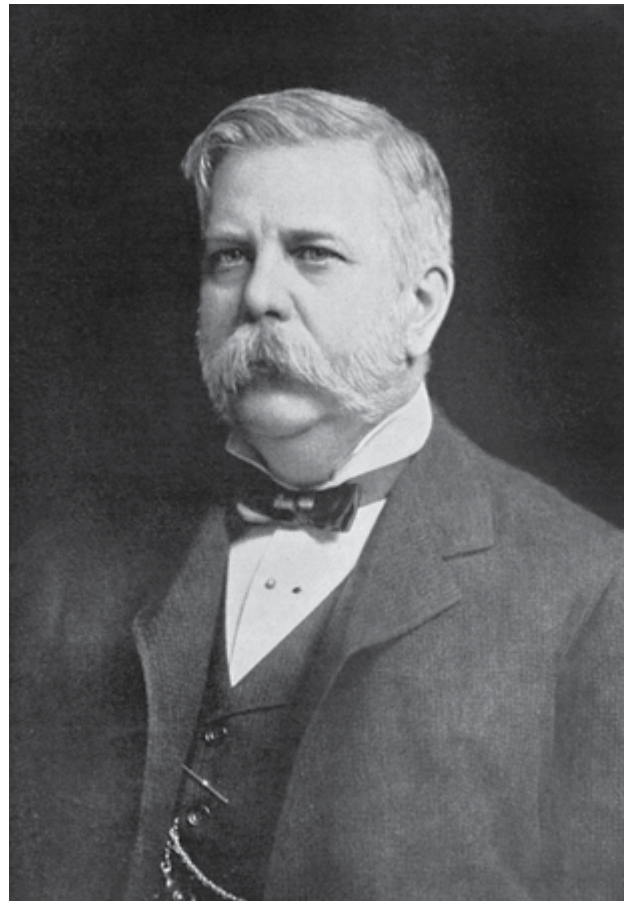


Figura 2.60: George Westinghouse Jr. (1846–1914). Inventor estadounidense, con más de 400 patentes, muchas de ellas compradas a Nikola Tesla. Fue el principal responsable de la adopción de sus conceptos sobre la corriente alterna para el suministro de energía eléctrica en los Estados Unidos, a pesar de la enconada oposición del popular inventor Thomas Alva Edison, partidario de la corriente continua. En 1886 fundó en Pittsburgh la “Westinghouse Electric & Manufacturing Company”, la cual se encuentra actualmente a la cabeza de la producción mundial de electrodomésticos [25].

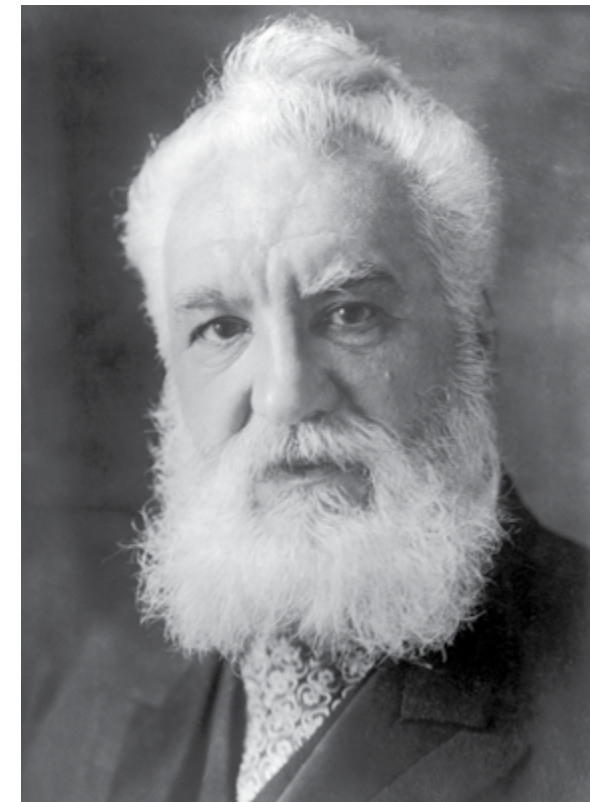


Figura 2.61: Alexander Graham Bell.



Figura 2.62: Teléfono del año 1875.

Una vez que se dispuso de corriente eléctrica a un costo relativamente bajo, fue posible la iluminación eléctrica con luz de arco en las principales ciudades del mundo. El problema de la iluminación doméstica con pequeñas lámparas incandescentes fue resuelto finalmente por Edison en 1879, aunque su principal contribución fue el desarrollo de la primera central eléctrica y su red de distribución. En ese año pudo demostrar con éxito en Menlo Park, Dearborn Michigan, Estados Unidos, el primer sistema de alumbrado eléctrico constituido por cincuenta y tres focos. Más tarde, en 1882, se instaló un sistema más avanzado en el Bajo Manhattan.

No bien hubo establecido Edison el sistema relativamente simple de generación y transmisión de energía eléctrica de corriente continua, cuando tuvo que enfrentar el reto del sistema de corriente alterna polifásica, que ofrece considerables ventajas, pero que era complejo para esa época. El destacado inventor estadounidense George Westinghouse, fue el principal impulsor de las ideas y conceptos del eminente científico e ingeniero serbio croata Nikola Tesla, sobre el uso de la corriente alterna en los Estados Unidos, para lo cual hubo de vencer la enconada oposición del popular inventor Thomas Alva Edison, partidario de la corriente continua, quien llegaría a financiar la invención de la silla eléctrica como parte de su campaña

POPE, EDISON & CO.,
ELECTRICAL ENGINEERS,
AND
GENERAL TELEGRAPHIC AGENCY,
OFFICE:
EXCHANGE BUILDINGS,
Nos. 78 and 80 BROADWAY, Room 48.

A necessity has long been felt, by Managers and Projectors of Telegraph Lines, Inventors of Telegraph Machinery and Appliances, etc., for the establishment of a Bureau of Electrical and Telegraphic Engineering in this city. It is to supply this necessity that we offer facilities to those desiring such information and service.

A LEADING FEATURE
 will be the application of Electricity to the Arts and Sciences.

INSTRUMENTS
 for Special Telegraphic Service will be designed, and their operation guaranteed.

CAREFUL AND RELIABLE TESTS
 of Instruments, Wires, Cables, Batteries, Magnets, etc., will be made, and detailed written reports furnished thereon.

CONTRACTS
 for the Construction, Re-construction and Maintenance of either Private or Commercial Telegraph Lines will be entered into upon

Figura 2.63: Ingenieros por contrato. En 1869 Edison y su amigo Franklin Pope ofrecieron sus servicios como ingenieros electricistas, una especialidad desconocida. Pero Edison se retiró porque sentía que no ganaba lo suficiente. En vez de esto consiguió un trabajo en la compañía Western Union como inventor y reparador en general. Grabado obtenido de [4], p. 42.

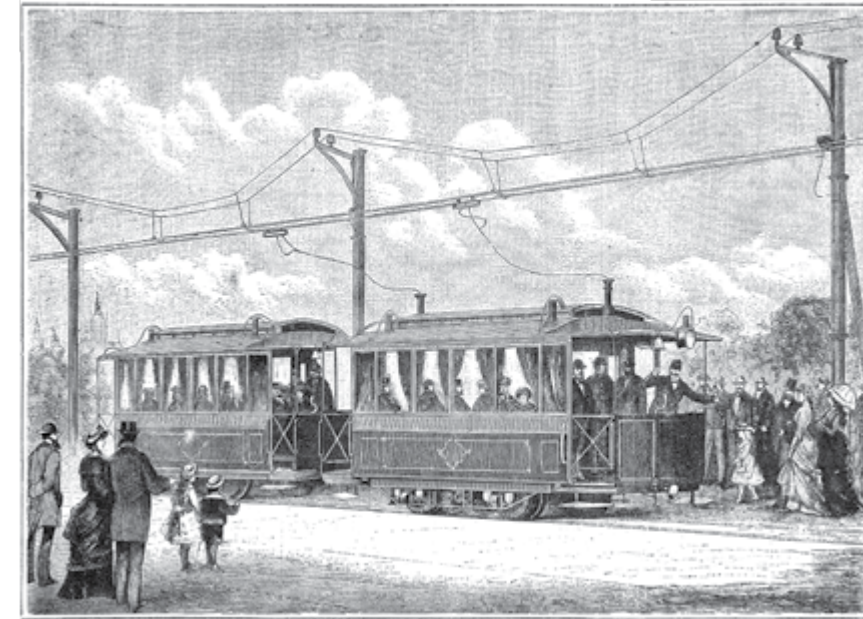


Figura 2.64: Tranvía eléctrico de Francfort a Offenbach. (1884). La idea, proyecto y ejecución de las obras se deben a Alejandro Weimann. El material, máquinas y aparatos de control fueron de la casa Siemens y Halske de Berlín. Grabado de [26].

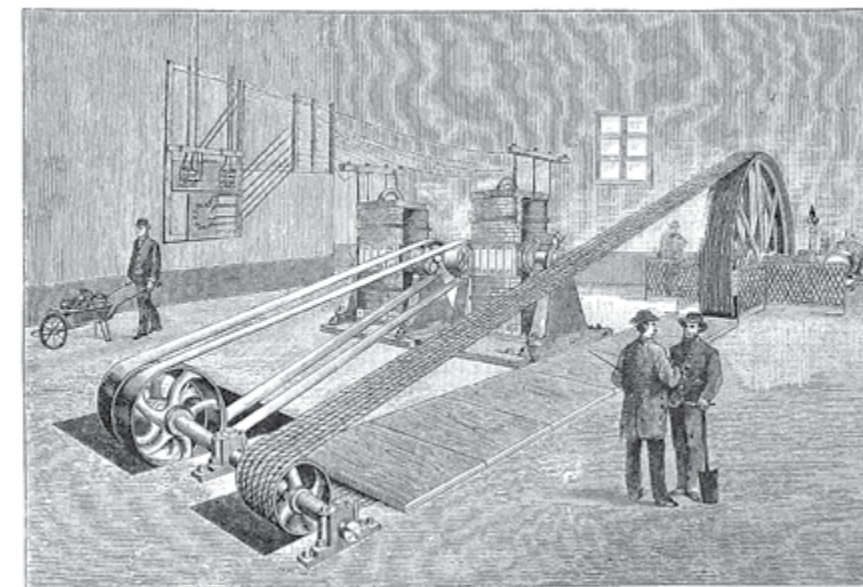


Figura 2.65: Generador eléctrico del ferrocarril de Francfort a Offenbach, fabricado por la casa Siemens y Halske de Berlín. Grabado de [26].



Figura 2.66: Antoine Hippolyte Pixii. Fotografía de [27].

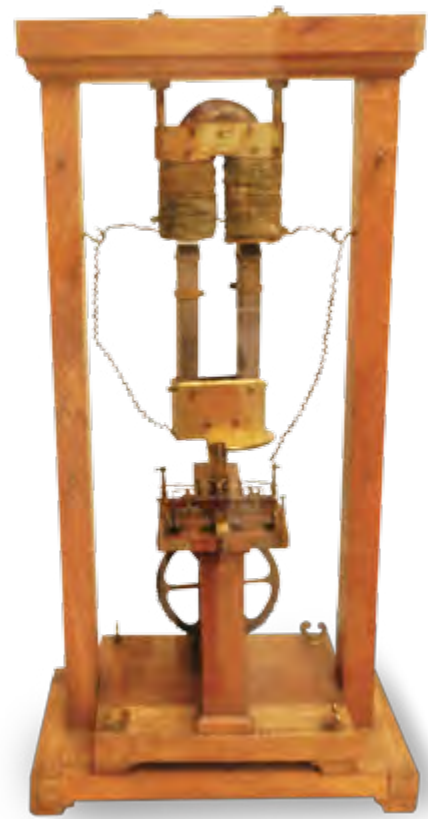


Figura 2.67: Generador de Pixii. Fotografía de Deutsches Museum, München, Alemania.



Figura 2.68: Fotografía de un generador sencillo tipo Pixii, construido por los autores.

propagandística para desacreditar a Tesla. Fue lo que se dio en llamar “guerra de las corrientes”.

Las patentes de Tesla y su trabajo teórico formaron las bases de los sistemas modernos de potencia eléctrica por corriente alterna (CA), incluyendo el sistema polifásico de distribución eléctrica y el motor de inducción, que tanto contribuyeron al desarrollo de la Segunda Revolución Industrial. Desafortunadamente, debido a su personalidad excéntrica y a sus afirmaciones aparentemente increíbles, y en ocasiones inverosímiles, sobre supuestas innovaciones científicas y tecnológicas, Tesla fue finalmente relegado al ostracismo y considerado un científico loco. Se dice que murió en la pobreza a la edad de 86 años.

Otro eminente científico e ingeniero, impulsor de la corriente alterna, fue el alemán Charles Proteus Steinmetz “El jorobado de Liberty Hall”. Su verdadero nombre era Karl August Rufolf Steinmetz, (1865–1923), hijo de un empleado ferroviario. Estudió en la Universidad de Wroclaw (Breslau), la cual tuvo que dejar por sus ideas socialistas. Estuvo en Zurich y más tarde emigró a los Estados Unidos (en un barco carguero como polizón). Logró obtener empleo en la Compañía General Electric, donde fue reconocida su gran capacidad científica y le llamaron “El Brujo de la Electricidad”. Su trabajo fue de enorme importancia en el desarrollo de la teoría de la corriente alterna, haciendo uso del álgebra compleja, facilitando así su

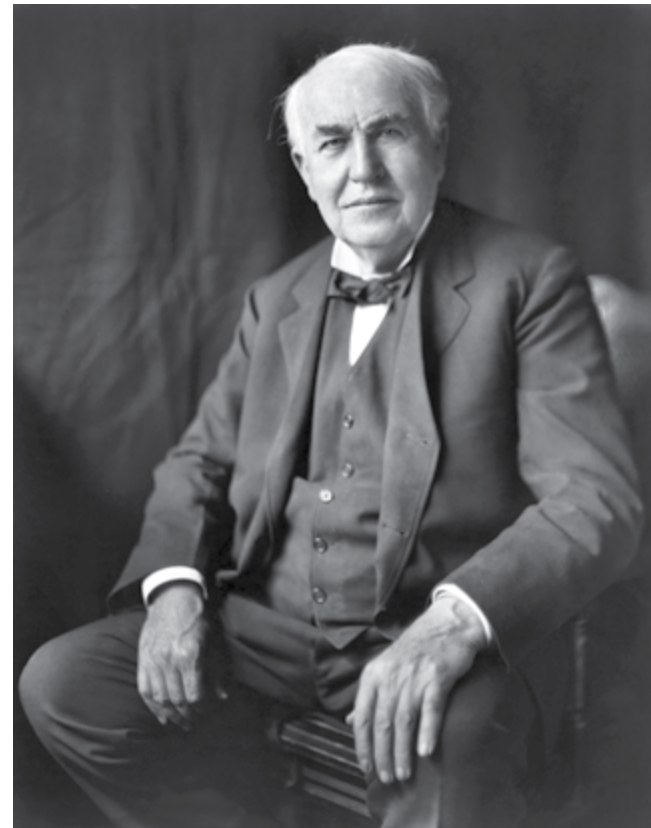


Figura 2.69: Thomas A. Edison.



Figura 2.70: Gran procesión de la luz eléctrica efectuada en New York en la noche del 31 de octubre de 1884, la cual constituyó un espectáculo original, curioso y sin precedente en la historia de las iluminaciones. Figura tomada de [28].



Figura 2.71: La noche del 31 de octubre de 1884 en la exposición de electricidad de Filadelfia, la compañía Edison exhibía su sistema de alumbrado junto a otros expositores y distribuía prospectos. Para que el mismo público lo solicitara, hizo que los repartiese un cupulento negro, como lo representa la figura tomada de *Scientific American*, por la publicación [28].

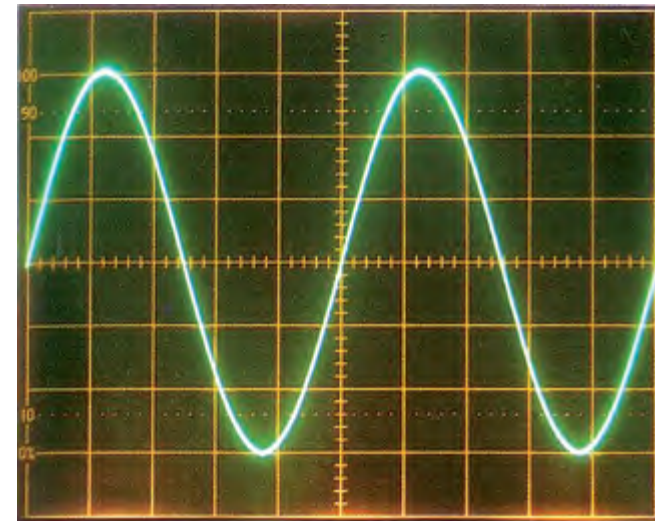


Figura 2.72: Gráfica de la corriente alterna.

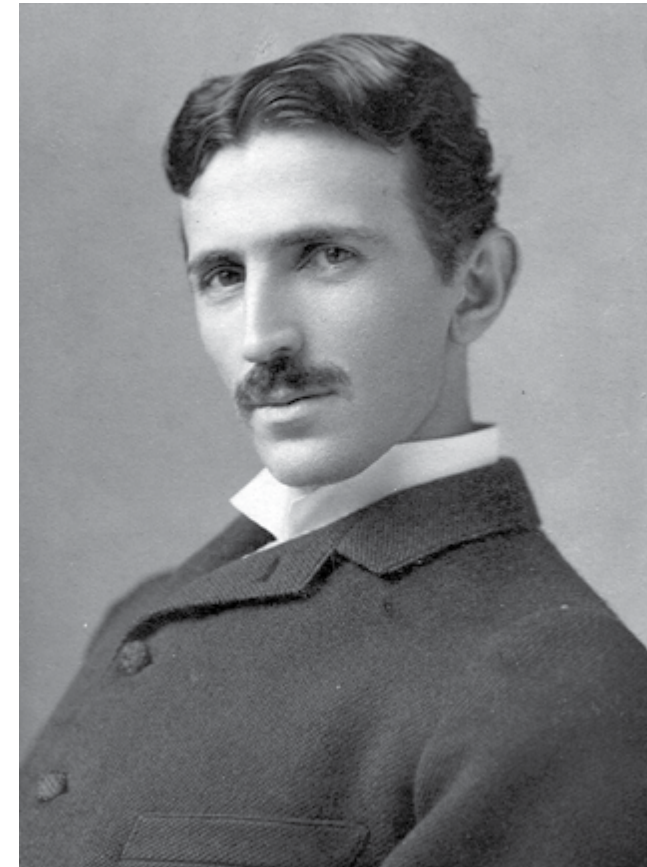


Figura 2.73: Nikola Tesla.

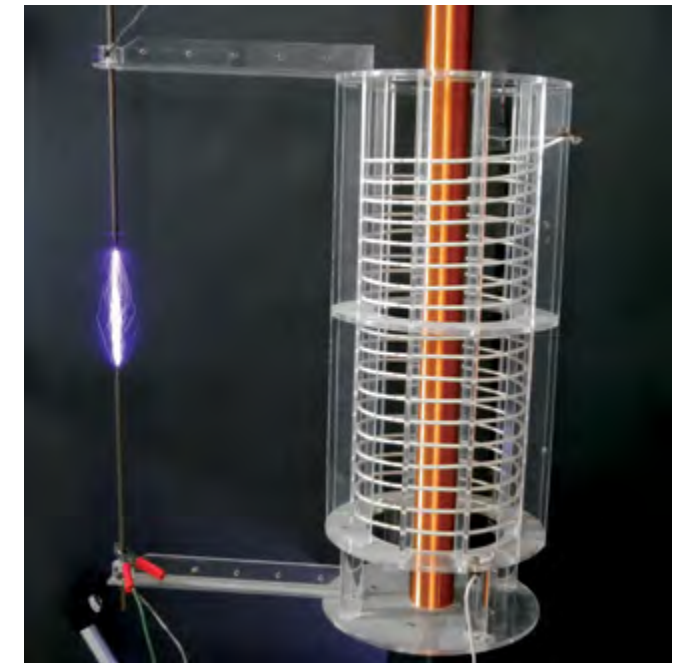


Figura 2.74: Descargas eléctricas en una bobina de Tesla, propiedad de los autores.

comprensión a los ingenieros. Sus investigaciones sobre los problemas que presentaban los motores eléctricos de la época, lo llevaron al descubrimiento de la Ley que él llamó “Histéresis”, la cual gobierna la pérdida de energía a causa del magnetismo alterno. De ahí en adelante se podrían construir motores eléctricos, sabiendo de antemano que funcionarían sin recalentarse. Tenía apenas 27 años cuando su genio científico fue reconocido como de primer orden.

Con todo, los triunfos prácticos de la ingeniería eléctrica no fueron las consecuencias más fecundas del estudio científico de la electricidad y el magnetismo. El perfeccionamiento de la técnica de las máquinas neumáticas para la producción de alto vacío y la invención de la bobina de inducción llamada también “Carrete de Rühmkorff” permitieron al inventor alemán Heinrich Geissler el desarrollo de los llamados “Tubos de Geissler”, que tuvieron un papel fundamental en posteriores experimentos con descargas eléctricas en tubos con diferente grado de vacío.

Dichos experimentos fueron realizados en 1868 por Johann Wilhelm Hittorf y Julius Plücker. El llamado “Tubo de Hittorf” aparece como el precursor del tubo inventado por William Crookes, quien logró producir un vacío de una millonésima de atmósfera, e hizo posible el descubrimiento de los rayos X en 1895 por el físico Wilhelm Conrad Röntgen. Los experimentos mencionados son en realidad la base



Figura 2.75: Charles Steinmetz [29].

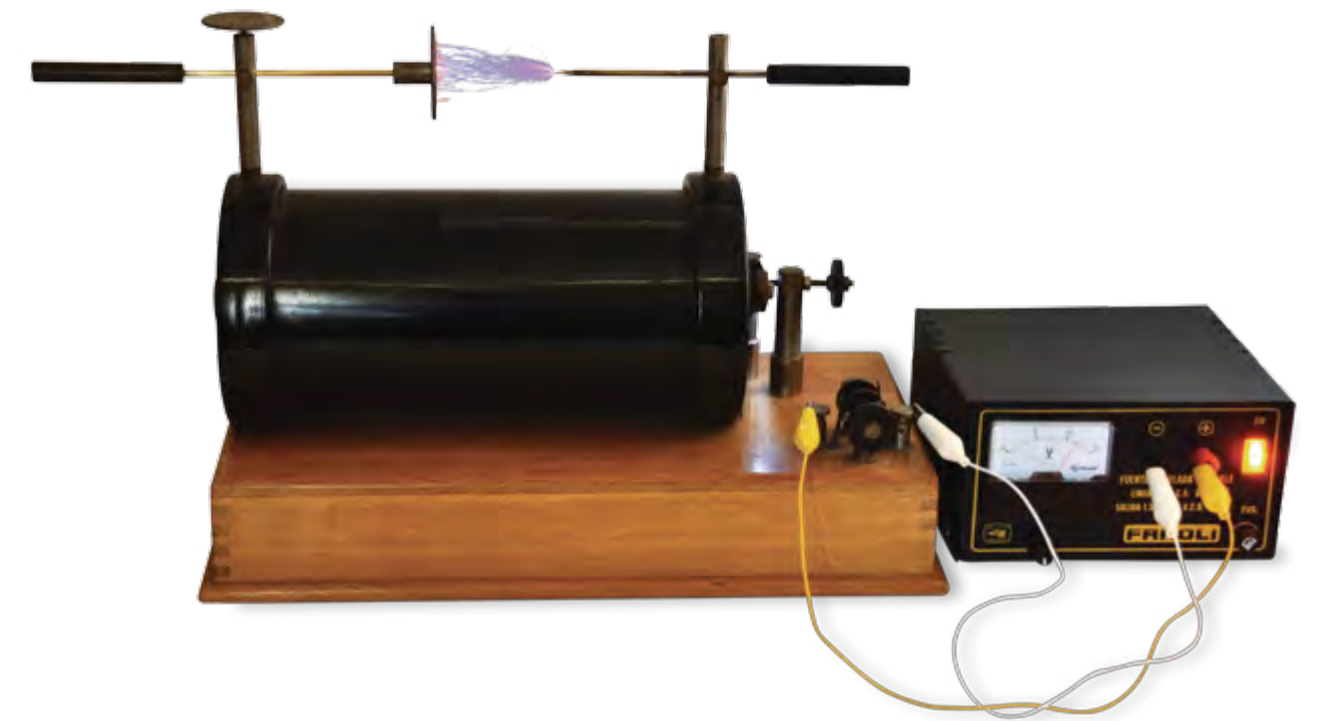


Figura 2.76: Carrete de Rühmkorff en funcionamiento (Colección particular). Este aparato fue fundamental en la investigación científica durante la segunda mitad del siglo XIX. De invención anterior a la de los transformadores de corriente alterna, es un verdadero transformador polimorfo y elevador de tensión, en el que se obtiene, a partir de una corriente primaria continua y poca fem (pila o acumulador), otra corriente de alta tensión alterna.

de los enormes progresos de la física moderna. Las descargas de referencia no fueron explicadas satisfactoriamente sino hasta 1899, año en que J. J. Thomson llegó a la conclusión de que en los fenómenos observados intervenían partículas diminutas existentes en los átomos, a las que denominó *corpúsculos*. Esto fue la base del descubrimiento de los electrones y de la naturaleza corpuscular de la electricidad. A continuación vino el descubrimiento de la radiactividad, de la invención de las válvulas electrónicas, del desarrollo de la teoría atómica y de la fisión nuclear. Llegamos así a lo que Ernst Zimmer ha llamado “Una Revolución en el concepto físico del mundo” [31].

Hemos dicho que las ecuaciones de Maxwell no eran sólo las expresiones matemáticas de los fenómenos electromagnéticos, sino que permitieron el reconocimiento de la naturaleza electromagnética de la luz y también dejaron claro que no había razón física que impidiera la existencia de otras ondas más cortas o más largas que las del espectro conocido. A pesar de todo, en esa época, algunos físicos dudaban de su existencia, y hubo que esperar entonces a su demostración experimental efectuada por el físico alemán Heinrich Rudolf Hertz, el cual las produjo nueve años después de la muerte de Maxwell, haciendo uso de aparatos que hoy se encuentran en el Deutsches Museum de München y que por su

simplicidad provocan la admiración de cuantos los contemplan. Mientras estudiaba en el Instituto Técnico de Livorno, el italiano Guglielmo Marconi se enteró del trabajo de Heinrich Hertz, e inspirado en su descubrimiento, pensó que sería posible desarrollar un nuevo tipo de telégrafo inalámbrico basado en las ondas electromagnéticas, llamadas ahora “hertzianas”. Aun cuando muchos expertos pensaban que el invento tendría sólo limitadas aplicaciones a causa de las pérdidas debidas a la curvatura terrestre, en un audaz experimento, Marconi logró establecer comunicación entre Cornell, Inglaterra y Terranova, Canadá, el 12 de diciembre de 1901 y, hacia 1907, ya había establecido un sistema radio telegráfico transatlántico. Debemos hacer notar, sin embargo, que sus grandes éxitos se debieron en buena medida a la aplicación de ideas y patentes de otros grandes científicos, como Nikola Tesla, sir Oliver Lodge y el ruso Alexander Popov.

La ingeniería eléctrica abarcaba originalmente los aspectos relacionados con la fuerza motriz, iluminación, teléfono y telégrafo; pero en la actualidad su campo de acción se ha expandido enormemente con el desarrollo de la electrónica, abarcando áreas tales como la comunicación por satélite, la computación, el control automático de máquinas y sistemas, radar, sonar, equipos de medidas de precisión con rayo láser y la ciencia de la información.

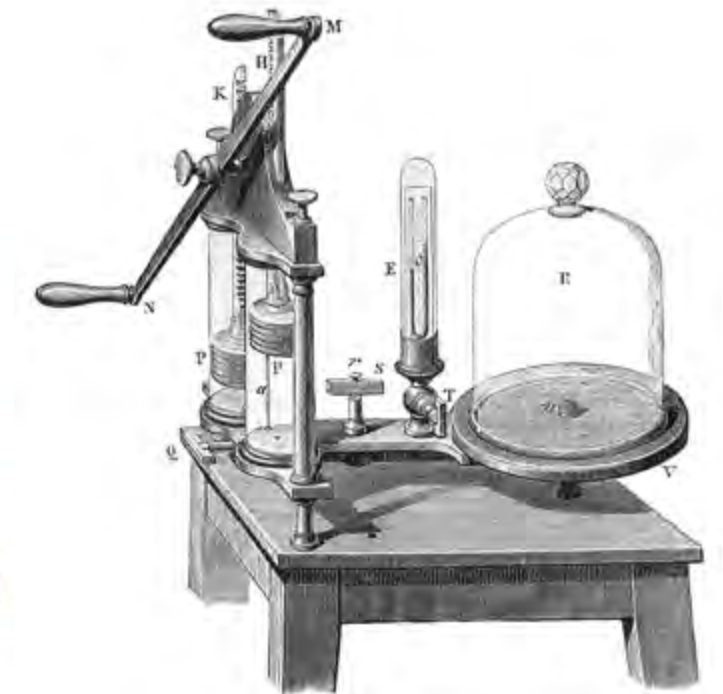


Figura 2.77: (a) Máquina neumática con dos cuerpos de bomba diseñada por el físico inglés Hawksbee. Imagen tomada de [30]. (b) Grabado de la Máquina tomado de [1], p. 184.



Figura 2.78: Máquina neumática, circa 1940.



Figura 2.79: En 1927 se reunieron en Bruselas, Bélgica, con motivo del V Congreso de Física Solvay, todos los grandes impulsores de la Física Moderna. En la fotografía, de izquierda a derecha: en la fila de abajo, Lagmuir, Max Planck, Mme Curie, Lorentz, Einstein, Langevin, Guye, Wilson y Richardson; en la segunda fila, Debye, Knudsen, Bragg, Kramers, Dirac, Compton, De Broglie y Born; de pie en la tercera fila, Piccard, Henriot, Ehrenfest, Herzen, De Donder, Schrödinger, Verschaffelt, Pauli, Heisemberg, Fowler, Brillouin. Probablemente será imposible volver a reunir jamás a un grupo tan importante y destacado de físicos, ya que éstos que aparecen en la ilustración dieron lugar a lo que se podría llamar la “Edad de Oro” de esta ciencia.



Figura 2.80: Portada del libro *Una Revolución en el concepto físico del mundo*, el cual ha sido prologado por Max Planck [31].

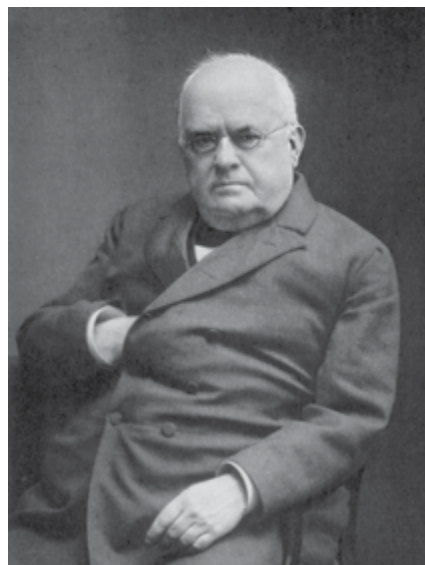


Figura 2.81: Johann Wilhelm Hittorf. Fotografía de [32].

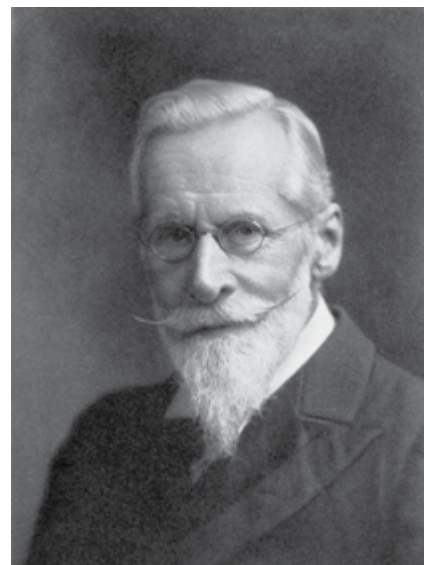


Figura 2.82: Sir William Crookes. Fotografía de [33].



Figura 2.83: Heinrich Geissler. Fotografía de [34].

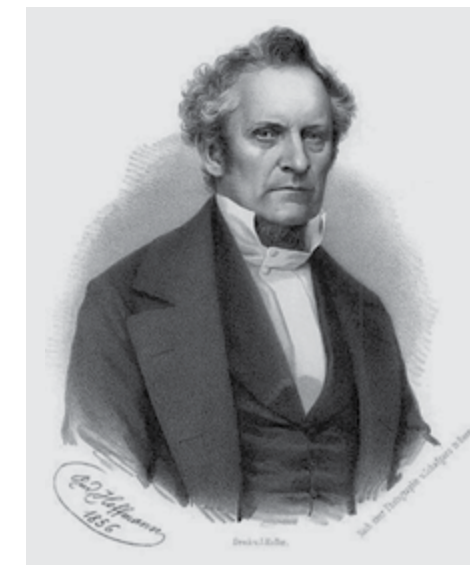


Figura 2.84: Julius Plücker. Fotografía de [35].



Figura 2.85: Wilhelm Conrad Röntgen. Fotografía de [36].

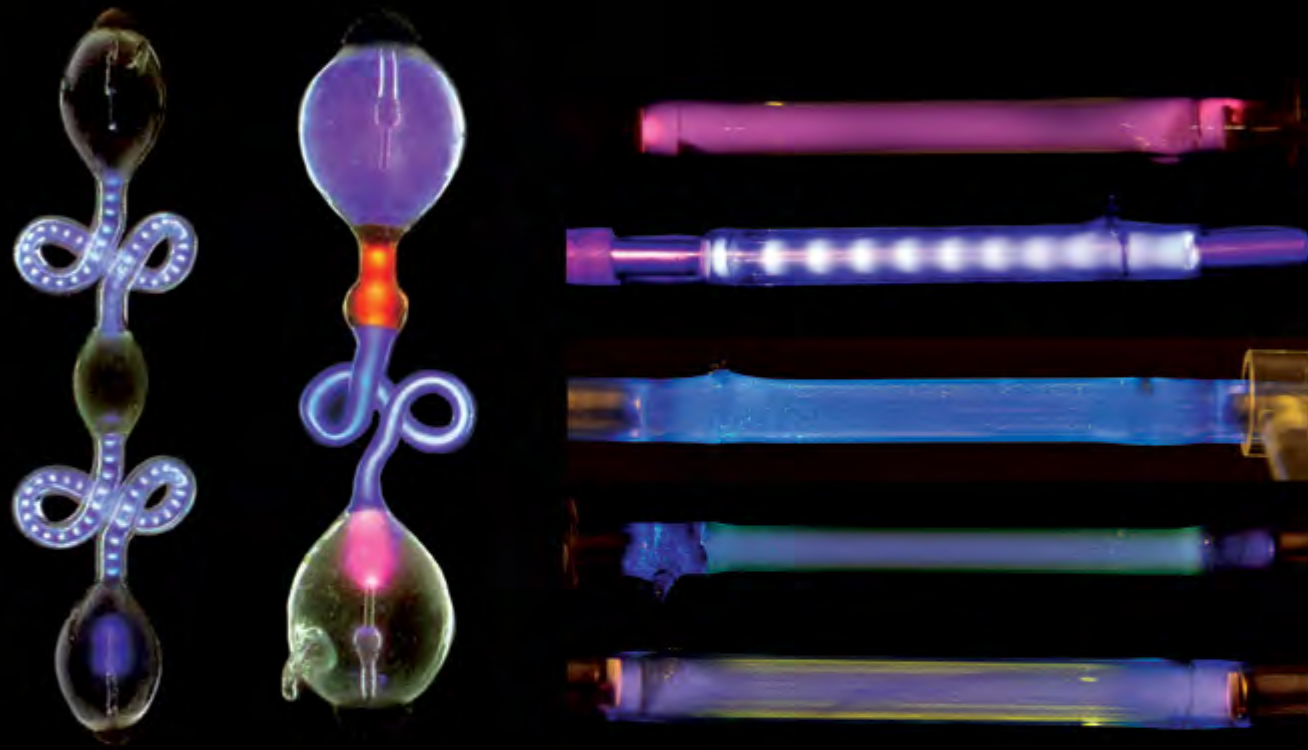


Figura 2.86: Tubos de Geissler. Fotografía de [37], p. 292.

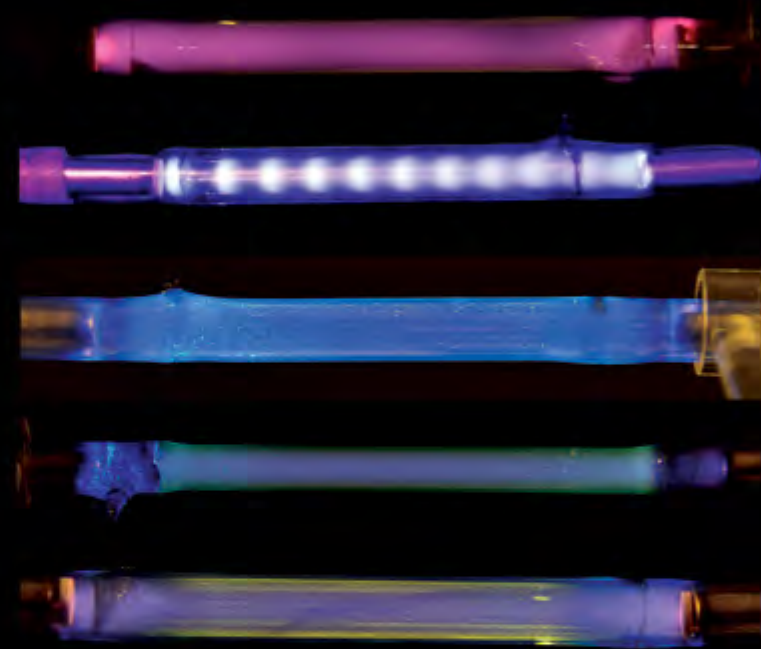


Figura 2.87: Descargas eléctricas en tubos con diferentes grados de enrarecimiento. En el segundo tubo se observa la estratificación para una presión de 3×10^{-1} mbar. En el último se observa luminosidad verdosa por la presencia de los rayos catódicos. Experimentos y fotografía de los autores.



Figura 2.88: Aparato original de rayos X. Colección particular.

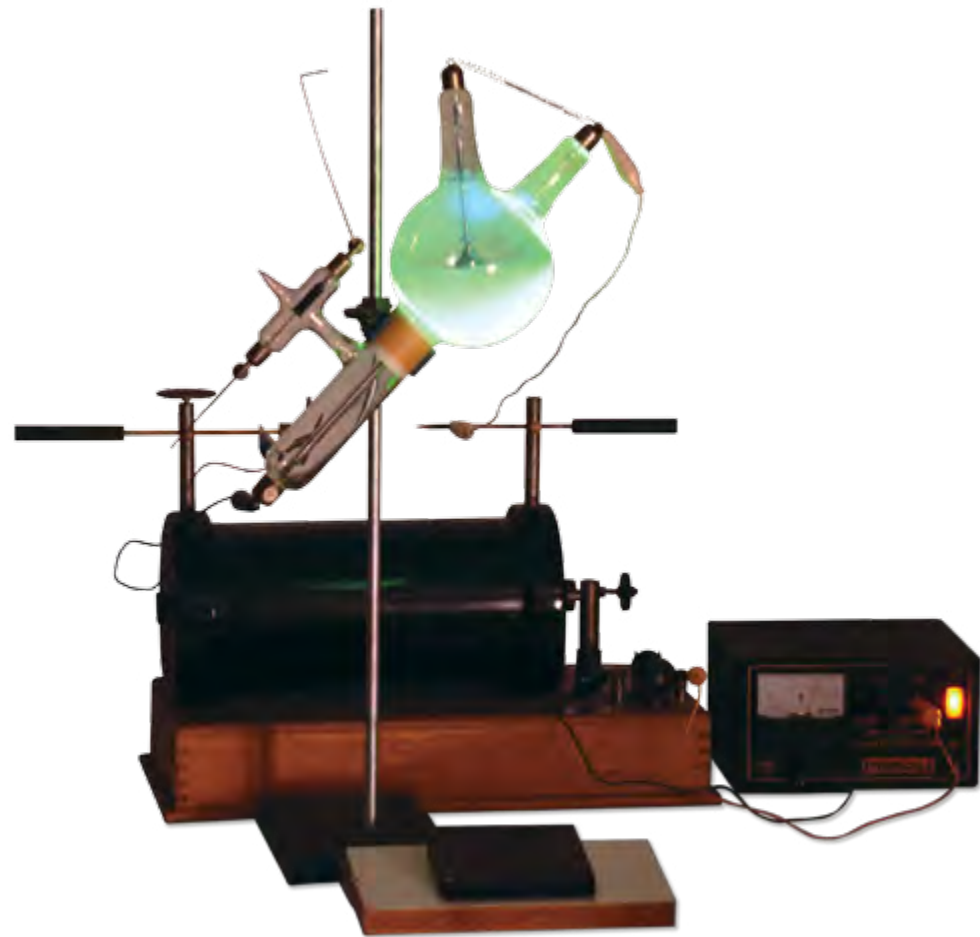


Figura 2.89: Aparato de rayos X mostrado en la figura 2.88 en funcionamiento. Obsérvese la luminosidad verdosa debida a la presencia de rayos catódicos. Colección particular.



Figura 2.90: Guglielmo Marconi. Fotografía tomada de [5], p. 268.

La diferencia esencial entre la ingeniería eléctrica y la electrónica radica fundamentalmente en que la primera está asociada directamente con la producción de niveles muy altos de corriente eléctrica, mientras que la electrónica requiere de niveles muy bajos.

La era de la electrónica comenzó probablemente con la demostración efectuada por Hertz, consistente en que la energía electromagnética podía propagarse y detectarse. Con los experimentos de Marconi sobre la comunicación inalámbrica se inicia su gran impulso, pero, a pesar de las mejoras en los detectores (cohesor, cristal de galena, pirita de hierro, etc.), faltaba dar un paso decisivo: la amplificación de las señales.

Los experimentos para mejorar su lámpara incandescente, condujeron a Thomas A. Edison en 1883 a un descubrimiento de capital importancia. Se había notado que el interior de las bombillas se oscurecía gradualmente por un depósito de carbón proveniente del filamento. Edison colocó una pequeña placa de metal sostenida por un alambre que atravesaba la pared de la bombilla, tratando de impedir que se depositara el carbón. Al conectar el polo positivo de una batería a la placa y el negativo al filamento, se detectaba el paso de una pequeña corriente eléctrica. Este fenómeno se conoce como “Efecto Edison”. Lo patentó, pero no perseveró en su investigación.

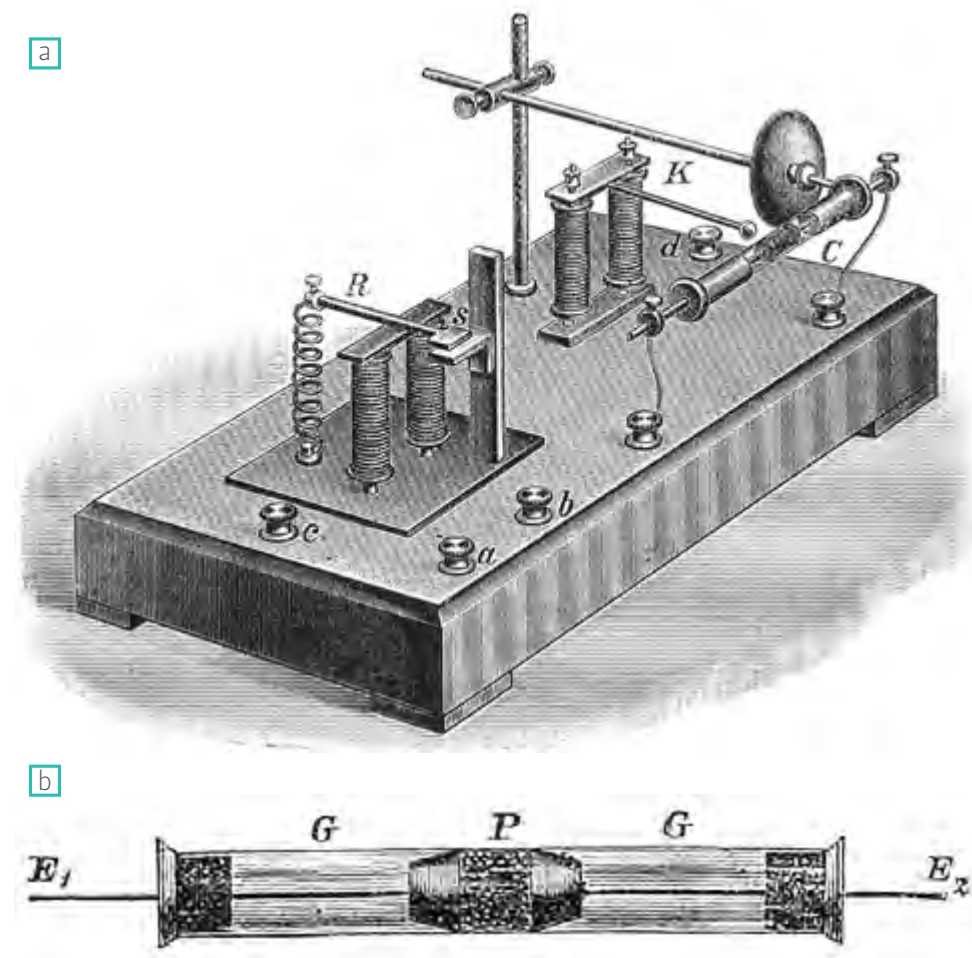


Figura 2.91: (a) Detector de ondas electromagnéticas con cohesor. Grabado tomado de [38], p. 244. (b) Cohesor. El cohesor consiste en un tubo de vidrio al vacío con limaduras de hierro entre electrodos de plata. Al llegar una onda electromagnética su conductividad aumenta más de mil de veces. Grabado tomado de [38], p. 242.



Figura 2.92: Réplica de las instalaciones de telegrafía inalámbrica del buque Titanic. Fotograma de la película del mismo nombre. Al centro el carrete de Ruhmkorff.

Sir John Ambrose Fleming (1848–1945), que hacia 1883 era consejero científico de las compañías de Edison en Londres, comenzó una larga serie de investigaciones sobre el “Efecto Edison”. Hacia 1884 Fleming reconoció la posibilidad del dispositivo como válvula rectificadora, para obtener corrientes continuas de las corrientes oscilatorias como las que proceden de las ondas de radio. Ese mismo año patentó su válvula termoiónica conocida como “Diodo”. A partir del diodo, el inventor norteamericano Lee De Forest (1873–1961) desarrolló el “Triodo”, que contiene un electrodo auxiliar (rejilla), cuya función es regular el flujo de electrones. Puesto que su intención era aplicarlo a la radiotelefonía, de Forest dio a su invento el nombre de “Audiófono”. El triodo puede ser empleado como amplificador, ya que hace posible que las señales, por débiles que sean, puedan ser amplificadas a grandes niveles y puede usarse también como detector dentro de la telefonía. Pero su aplicación más importante es como oscilador; es decir, como generador de ondas electromagnéticas uniformes según un nivel prefijado. Así, el triodo puede detectar, amplificar y generar ondas electromagnéticas, base de las modernas comunicaciones. A partir de ese momento se inicia el asombroso desarrollo que la electrónica ha tenido hasta nuestros días.



Figura 2.93: Heinrich Rudolf Hertz. Dibujo tomado de [19], p. 221.

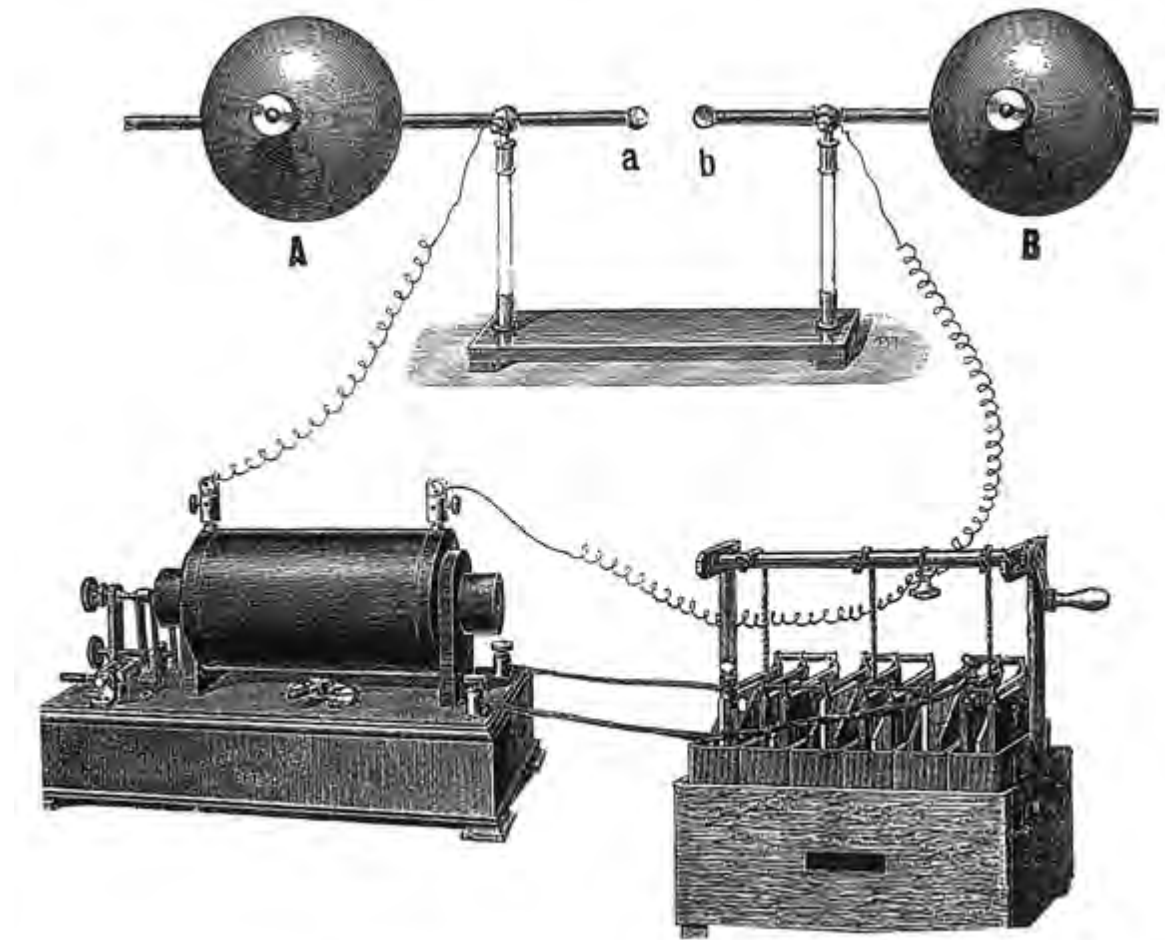


Figura 2.94: Aparato de Hertz. Con este aparato demostró Hertz la existencia de las ondas electromagnéticas. Está constituido por una batería, un carrete de Rühmkorff y una especie de antena dipolo. Grabado tomado de [19], p. 220.

La ingeniería eléctrica y electrónica ha tenido una expansión constante, conforme aparecen nuevas áreas de conocimiento. Avances en el diseño de sistemas de generación de energía eléctrica ocurrieron a mediados de los años veinte, iniciándose además la radiodifusión. Los conocimientos en ingeniería fueron entonces extendidos para develar los misterios del tubo electrónico de vacío y las ondas electromagnéticas de alta frecuencia. La televisión comercial, desarrollada después de la Segunda Guerra Mundial, impulsó el uso de nuevos aparatos electro-ópticos, tales como el cinescopio y la cámara exploradora de imágenes (iconoscopio), los cuales requirieron de mayores conocimientos y habilidades.

Durante la Segunda Guerra Mundial los ingenieros en electrónica trabajaron con ondas electromagnéticas de mayores frecuencias, tales como las usadas en el radar. La transmisión de estas ondas por tubos de metal, llamados “guías de onda”, requirieron de los ingenieros una mayor extensión y profundidad de sus conocimientos en los fenómenos eléctricos y en las matemáticas. Conforme los sistemas de detección con rayos infrarrojos y el “sonar” se desarrollaron, se profundizaron también los estudios en óptica y sonido.

Aún más sensacional ha sido la revolución en la electrónica debida al desarrollo del transistor, que desde 1948 empezó a transformar no sólo la radio y la televisión sino muchos otros equipos que dependían



Figura 2.95: Lee De Forest en su laboratorio. Dentro del campo de las comunicaciones destaca singularmente el nombre del inventor norteamericano nacido en Council Bluffs estado de Iowa. De Forest fue uno de los más importantes pioneros en los inicios de la telegrafía inalámbrica y la radiotelefonía en los Estados Unidos. Fotografía tomada de [39], p. 61.



Figura 2.96: Policía alemán con aparato de radio transmisor y receptor, 1925. Fotografía tomada de [17], p. 482.

para su funcionamiento del control de los electrones. Muchos contribuyeron para su creación. Entre ellos cabe mencionar a los doctores William Shockley, John Bardeen y Walter H. Brattain de los Laboratorios de Teléfonos Bell. Unos años antes, Shockley y sus compañeros descubrieron que si los cristales de germanio contenían diminutas cantidades de determinadas impurezas, actuarían como los cristales de galena de los primitivos aparatos de radio: operarían como rectificadores y permitirían pasar corriente eléctrica en una sola dirección, pero harían el trabajo con mucha mayor eficacia. En 1948 Shockley descubrió cómo combinar dos clases ligeramente diferentes de cristales de tal modo que no sólo funcionarían juntas como un rectificador, sino que también amplificarían una corriente. El invento —que pronto se llamó transistor— haría todo cuanto hiciera un tubo de radio. Es más, contaba con inmensas ventajas, ya que era más pequeño, más ligero y más resistente que un tubo. Además, se pondría en funcionamiento sin necesidad del período preparatorio de calentamiento, tan necesario para los tubos.

El uso de los transistores, cuyo desarrollo se aceleró una década después con la necesidad de miniaturizar el equipo para los satélites artificiales, se extendió rápidamente en las industrias de radio y televisión. También se extendió en otras partes de la industria de la electrónica que habían estado evolucionando paralelamente.



Figura 2.97: Diodo de Fleming. Fotografía tomada de [19], p. 243.

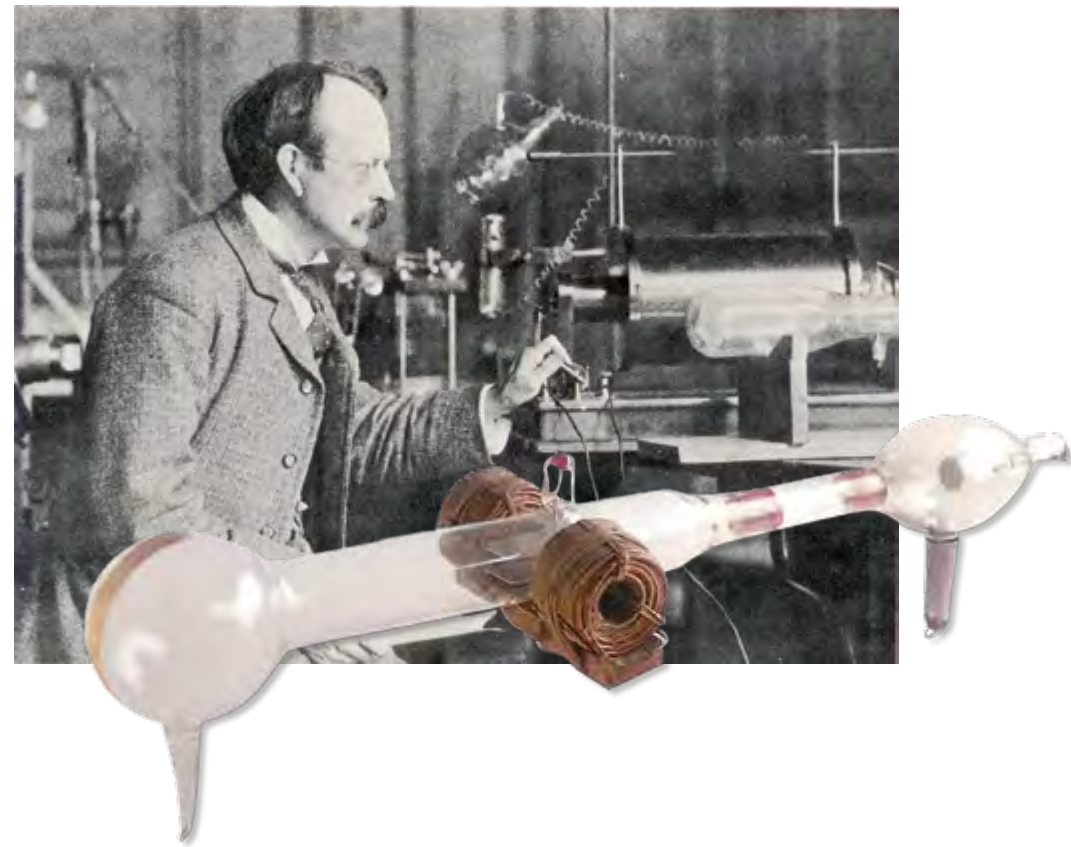


Figura 2.98: (a) Sir Joseph John Thomson en el laboratorio Cavendish de Cambridge. Puede observarse el equipo constituido por un carrete de Ruhmkorff, un tubo de Crookes y un tubo de rayos X. Fotografía tomada de [40], p. 156. (b) Por medio del tubo mostrado en la figura, Thomson pudo identificar la primera partícula subatómica que ahora llamamos electrón y diseñó un experimento para determinar su razón carga/masa. Este experimento consistió en balancear las dos fuerzas que actuaban sobre la partícula, una producida por un campo magnético y otra producida por un campo eléctrico. Fotografía del tubo tomada de [20], p. 55.

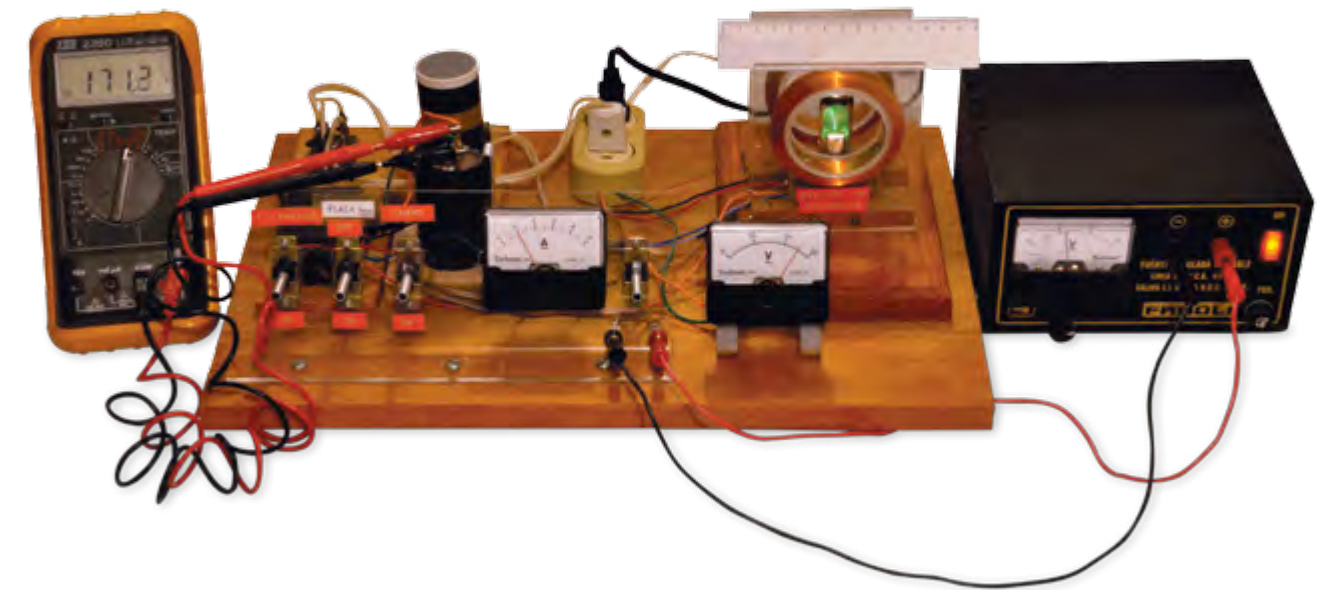


Figura 2.99: Vista general del aparato para la determinación de la masa del electrón, propiedad de los autores.



Figura 2.100: Amplificación del tubo mostrando la desviación del haz de electrones debida a la acción del campo magnético.



Figura 2.101: Tubos electrónicos para aparatos receptores de radio, circa 1930.

Un ejemplo espectacular del modo en que los diferentes técnicos en la industria han utilizado sus conocimientos en electrónica, es el desarrollo de la computadora electrónica contemporánea. La primera computadora electromecánica completamente automática fue la Mark I, desarrollada en 1944 en la Universidad de Harvard bajo la dirección de Howard Aiken y se considera como la precursora de las computadoras actuales. En febrero de 1946 empezó a funcionar en la Universidad de Pennsylvania, la ENIAC, que ha pasado a la historia como la primera computadora electrónica digital. Sus creadores fueron John W. Mauchly y J. Presper Eckert, Jr.

Recién iniciada la era atómica, los ingenieros y científicos advirtieron la urgente necesidad de realizar cálculos a velocidades muy superiores a la que podría efectuarlos un ser humano. Proyectadas para satisfacer esos requerimientos, las primeras computadoras tuvieron un costo exagerado y ocupaban un volumen de tal magnitud —debido a sus numerosos bulbos— que eran verdaderos dinosaurios electromecánicos. Estos inconvenientes hicieron opinar a muchas personas que estos sistemas de procesamiento de información sólo se aplicarían a la solución de contados problemas científicos de gran envergadura.

El transistor y los circuitos integrados hicieron posible que en una treintena de años esos juicios pasaran al archivo histórico de errores inmensurables de apreciación. En nuestros días las computadoras son manejadas por una sorprendente variedad de personas, que abarca desde médicos, economistas e ingenieros, hasta amas de casa y niños en edad escolar.

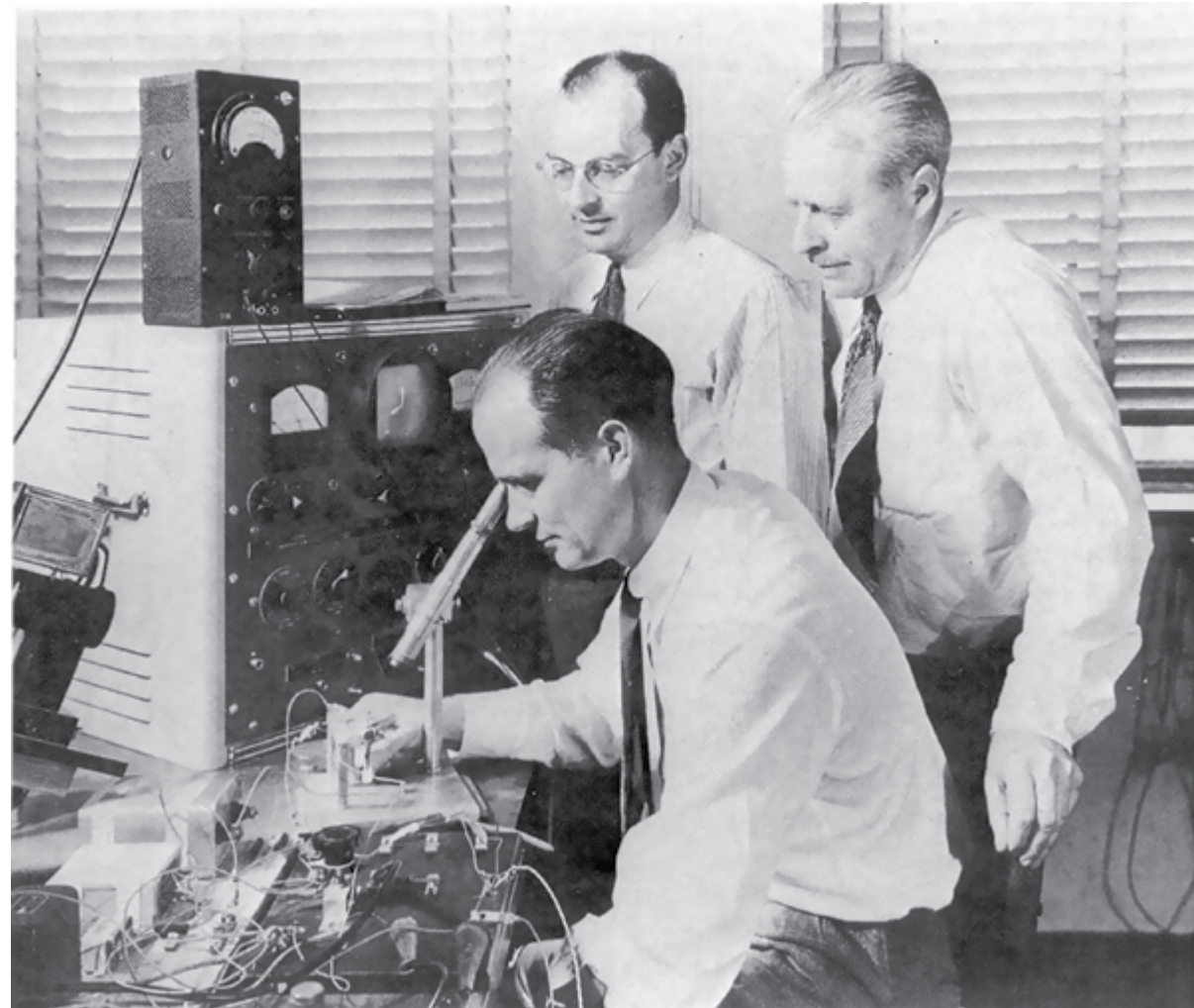


Figura 2.102: Los doctores William Shockley sentado, John Bardeen a la izquierda, y Walter H. Brattain en los Laboratorios Bell en el año 1948. Fotografía tomada de [40], p. 125.



Figura 2.103: Transistor de 1947. Fotografía tomada de [19], p. 287.

2.3.1. Ingeniería química

La industria química, aunque de gran antigüedad, surgió en su forma actual a principios del siglo XIX con el desarrollo de procesos de fabricación a gran escala, tales como el proceso de Leblanc para la sosa y el de las cámaras de plomo para el ácido sulfúrico. A mediados del siglo, el descubrimiento del primer colorante sintético por William Perkin habría de tener repercusiones apreciables. Un poco más adelante surgieron el proceso Solvay para la manufactura de la sosa y el método de contacto para la fabricación del ácido sulfúrico. Para 1900, sin embargo, la industria química se hallaba preparada para un periodo de cambio rápido y trascendental, que habría de convertirla en una de las mayores y más complejas del mundo, tanto que se resiste a definirla en forma estricta, y su alcance ha sido interpretado de diversas maneras en los diversos países y en las diferentes épocas.

Hasta hace unos cien años, las finalidades que incumben a la tecnología de la industria química se adscribían al campo químico o al del ingeniero mecánico o mecánico electricista, según la importancia relativa de cada una de ellas. En consecuencia, las instalaciones de gran volumen, aunque químicas, se regían por conceptos de estas últimas carreras y, en esas condiciones, era difícil que se reflejara sobre ellas el continuo avance de la ciencia química. Contrariamente, las de pequeño volumen sólo atendían

al proceso puramente transformativo, resistiéndose a ser adaptadas a la producción en masa. Esta situación hacía imposible la existencia de una disciplina tecnológica que unificara y generalizara ambos puntos de vista. En Europa y concretamente en Alemania —que a principios del siglo XX ostentaba aún el cetro de la industria química—, con su mano de obra barata y su éxito fabril en materia de colorantes, productos farmacéuticos y perfumes, hubo motivos para sustentar el criterio *sui generis* del químico técnico, pues sus métodos —aunque agrandados— eran análogos a los de laboratorio, por lo que su concepción y control podía dejarse en manos de profesionales de la química; lo demás, el *andamiaje* de la fabricación, quedaba encomendado al ingeniero mecánico.

En Norteamérica, con mayor disponibilidad energética y mayor precio de la mano de obra, las circunstancias fueron más favorables para el surgimiento de un nuevo profesional, el ingeniero químico; y en el terreno científico y didáctico una ciencia y una disciplina: la Ingeniería química.



Figura 2.104: Esta pintura del siglo XVI de Stradanos es un magnífico testimonio de las raíces iatroquímicas (química medicinal) de la industria farmacéutica moderna. El prensado de vegetales, molienda, tostado y destilación son todavía operaciones fundamentales.



Figura 2.105: Vista aérea de una planta Bayer en Leverkusen, Alemania. La empresa Bayer es la inventora de la famosa aspirina y participa en todas las grandes ramas de la industria química: materias plásticas, colorantes, productos orgánicos, caucho sintético, fibras sintéticas, productos farmacéuticos, productos fotográficos.

El camino para el desarrollo de esta nueva profesión lo inició el profesor George E. Davis; químico, supervisor de plantas industriales y profesor de la Universidad de Manchester; sus enseñanzas cristalizaron en su *Handbook of Chemical Engineering (Manual del Ingeniero químico)*, publicado en 1901. En su trabajo, Davis no describe la fabricación de productos específicos, sino las operaciones y procesos que intervienen en su elaboración, es decir, el *modus operandi*. Esto es perfectamente justificable por la imposibilidad de abarcar por separado las fabricaciones de las decenas de miles de productos químicos utilizados actualmente.

Posteriormente, en el Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT), los profesores Walker, Lewis y Mc Adams le dieron forma al concepto de “Operaciones Unitarias”, como una serie de operaciones comunes a los procesos de fabricación en la industria química, tales como transferencia de energía, destilación, flujo de fluidos, filtración, evaporación, trituración, molienda y cristalización. Se consolidó entonces la importantísima y moderna profesión de Ingeniero químico.

2.3.2. Ingeniería biomédica

La Ingeniería biomédica es el resultado de la aplicación de los principios y técnicas de la ingeniería al campo de la medicina. Dedicada al diseño y construcción de productos y tecnologías sanitarias, tales como los equipos de diagnóstico e instrumental para quirófanos. Es el resultado de la conjunción de un largo espectro de disciplinas y prácticamente todas las ramas de la ingeniería. Se ha dicho que esta disciplina estuvo ligada fundamentalmente con la aplicación de técnicas de ingeniería eléctrica y electrónica, pero en realidad se remonta a la época en que los avances de la física pudieron ser aplicados al área médica. El desarrollo actual es muy rápido en el caso de operaciones quirúrgicas destinadas a la implantación de órganos artificiales de repuesto, diseñados por ingenieros mecánicos y electrónicos en colaboración con médicos y biólogos. Por otra parte, sofisticados aparatos permiten sustituir temporalmente las funciones vitales del corazón y los pulmones en el caso de pacientes con lesiones de gravedad.

Una técnica de diagnóstico médico ampliamente utilizada en la actualidad se basa en la resonancia magnética nuclear. Puesto que casi dos tercios de los átomos del cuerpo humano son hidrógeno (el cual proporciona una señal intensa), la resonancia magnética nuclear trabaja en forma excepcional. El

paciente se coloca dentro de un gran solenoide que suministra un campo magnético constante en el tiempo y cuya magnitud varía al atravesar de cuerpo. Debido a la variación en el campo, los protones en las diferentes zonas realizan precesión a diferentes frecuencias, por lo que la señal de resonancia puede utilizarse para proporcionar información sobre su localización. Una computadora analiza los datos mostrando increíbles detalles en la estructura interna del cuerpo humano.

Aunque nadie discutiría la poderosa influencia de la innovación tecnológica en la medicina, resulta no obstante difícil distinguir una tecnología médica propiamente dicha, pues muchos progresos surgieron de la adaptación a la medicina de logros obtenidos en campos distintos. Pensemos, por ejemplo, en el desarrollo del microscopio, el descubrimiento de los rayos X o la invención del láser.

Puede decirse que la física médica se inicia cuando los avances en la física pudieron ser aplicados al área de la medicina. Leonardo da Vinci es considerado el primer físico médico por sus estudios en biomecánica. En el siglo XVIII el científico y médico italiano Luigi Galvani descubrió que los músculos y células nerviosas eran capaces de producir electricidad. Con estos conocimientos y con los avances



Figura 2.106: Antony van Leeuwenhoek (1632-1723) no era profesor universitario, sino un comerciante sin formación científica de la ciudad de Delft en Holanda. Fue capaz, sin embargo, de construir personalmente los mejores microscopios de la época, algunos con ampliaciones de casi 300 veces, que aplicó a sus infatigables estudios sobre cristales, rocas, animales y plantas microscópicas. Fotografía tomada de [41], p. 39.



Figura 2.107: Microscopio compuesto construido en 1755 por George Adams para la colección del Rey George III de Inglaterra.



Figura 2.108: Salón de Electroterapia del doctor Bruce en 1905. Museo de Historia de la Medicina, sección del Museo de la Ciencia de Londres.



Figura 2.109: Electrocardiógrafo. Tenués pulsos de corriente eléctrica en el corazón pasan a través del cuerpo humano hasta la piel, pudiendo ser detectados por sensores metálicos y llevados a una gráfica llamada electrocardiograma. El primer electrocardiógrafo fue desarrollado por Willem Einthoven en 1900.



Figura 2.110: Aparato de resonancia magnética nuclear.



Figura 2.111: Fotografía del interior del cráneo haciendo uso de la técnica llamada visualización por resonancia magnética nuclear. Figura tomada del libro [42].



Figura 2.112: Hermann von Helmholtz. Figura tomada de [43].

en electromagnetismo en el siglo XIX, fueron desarrollados nuevos métodos de diagnóstico y tratamiento de enfermedades por biofísicos como Arsène d'Arsonval (1851-1940). El desarrollo del electrocardiograma y del electroencefalograma fue posible gracias a la invención de galvanómetros y voltímetros de gran sensibilidad por Willem Einthoven (1860-1927). Un ejemplo notable de destacado físico y médico fue Hermann von Helmholtz (1821-1894). Su primer trabajo científico fue sobre el principio de la conservación de la energía, inspirado en sus estudios sobre metabolismo muscular. También revolucionó el campo de la oftalmología con el invento del oftalmoscopio y efectuó estudios en acústica y audición. Por otra parte, la práctica médica ha inspirado el desarrollo de nuevas tecnologías en otros campos de la ciencia.

Si bien los aparatos ópticos y el instrumental quirúrgico basado en tecnología láser que se emplea actualmente en oftalmología deben sus fundamentos a la física, los descubrimientos en la investigación biológica continuamente traen a la luz asombrosos arreglos de sistemas sensoriales, que los animales emplean para analizar su ambiente natural o controlar su propia visibilidad. Estos descubrimientos prometen ser de gran utilidad en el diseño de aparatos ópticos inspirados en la biología.



Figura 2.113: Crustáceo Estomatópodo cuyos ojos compuestos constan de sistemas extremadamente complejos para la visión a color y la luz polarizada. Figura tomada de [44].

2.4. Aparatos para el cálculo

Presentaremos ahora una breve nota sobre de los aparatos empleados en la práctica diaria y en ingeniería para efectuar cálculos numéricos. Los aparatos de cálculo numérico son casi tan antiguos como las matemáticas; egipcios, griegos y romanos emplearon tableros sencillos para contar conocidos como ábacos. Los chinos y japoneses emplearon dispositivos similares.

Se dice que el verdadero antepasado de las modernas calculadoras es una máquina de sumar inventada por Blas Pascal en 1642, la cual podía emplearse también para multiplicar. Treinta años más tarde el filósofo y matemático Gottfried Wilhelm Leibniz hizo una máquina muy parecida, pero con un registro para almacenar el multiplicando, la cual era mucho más práctica en su funcionamiento. Pero el desarrollo y comercialización de estos aparatos tuvo que esperar al desarrollo de técnicas de ingeniería de precisión más avanzadas un par de siglos más tarde.

Mientras tanto, el problema de cálculos laboriosos, como los que se precisaban para la preparación de tablas de navegación y el comercio, fue abordado en forma distinta. En el siglo XVII, tal vez el más grandioso en la historia de las matemáticas, apareció una obra que muchos consideran en segundo lugar a

continuación de la monumental *Principia Mathematica* de Sir Isaac Newton. En 1614, John Napier de Merchiston publicó su *Mirifici Logarithmorum Canonis Descriptio* (*Una descripción de la admirable tabla de logaritmos*). A Napier, que también inventó el punto decimal, le debemos su desarrollo: sin logaritmos los cálculos efectuados con toda facilidad por un matemático novicio, agotarían rápidamente las energías de los más capacitados.

En 1621, el matemático y pastor anglicano William Oughtred, basándose en los logaritmos de John Napier, inventó una regla de cálculo con piezas deslizantes, con la cual en pocos segundos los ingenieros podían multiplicar, dividir, calcular raíces cuadradas y realizar muchas otras operaciones numéricas. En 1850, un teniente de artillería francés de 19 años modificó el diseño original, dándole la forma actual.

Durante tres siglos y medio, este aparato tan sencillo, tan práctico y tan fecundo en resultados, se utilizó para realizar todos los cálculos en el diseño de las grandes estructuras que se construyeron en el planeta: el Empire State, la presa Hoover, el Golden Gate, la torre Eiffel, etc. Werner Von Braun, el diseñador del misil alemán V-2, confiaba en las reglas de cálculo que fabricaba la compañía alemana Nestler y lo mismo puede decirse de Albert Einstein. En las

misiones espaciales Apolo había siempre reglas de cálculo Pickett, por si fallaban los ordenadores.

En el campo de las calculadoras mecánicas portátiles de bolsillo, la Curta quizás sea la primera que tuvo éxito comercial. Curt Herzstark creó la máquina de cálculo más ingeniosa de todos los tiempos durante su reclusión en el campo de concentración de Buchenwald en 1943. Las noticias acerca de sus conocimientos técnicos y sus ideas sobre máquinas calculadoras llevaron a los nazis a pedirle los diseños de la máquina. Esperaban poder regalarle a Hitler el aparato al terminar la guerra.

Tras la guerra, en 1946, el príncipe de Liechtenstein animó a Herzstark a que fundara una fábrica para construir las máquinas, que pasaron a estar a disposición del público en 1948. Durante un tiempo, las Curtas se situaron entre las mejores calculadoras portátiles disponibles, y se utilizaron de forma frecuente hasta la llegada de las calculadoras electrónicas en la década de 1970.



Figura 2.114: Máquina de calcular de M. Hahn (1770-1774). Landesmuseum, Stuttgart.

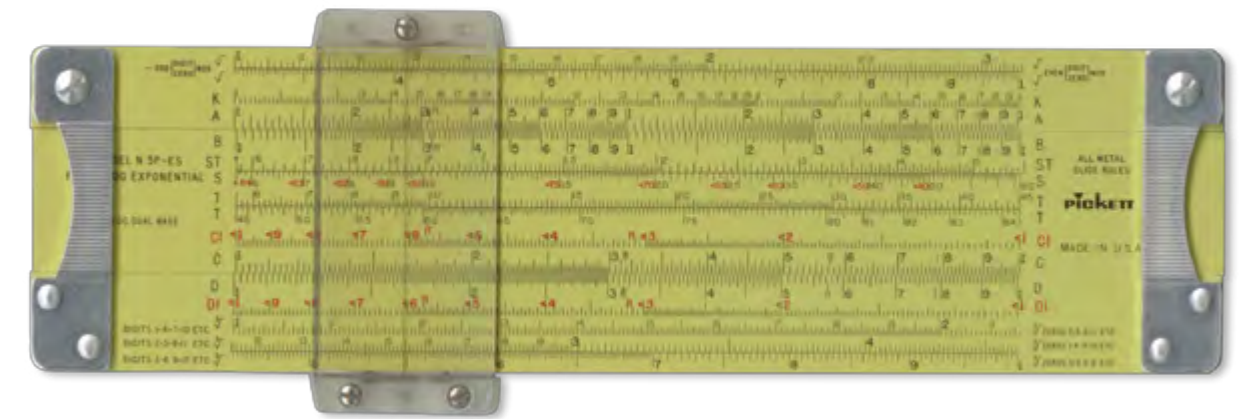


Figura 2.115: Regla de cálculo.



Figura 2.116: Calculadora Curta.

3

CAPÍTULO
LA INGENIERÍA
EN MÉXICO



Las actuales escuelas de Ingeniería en nuestro país tuvieron su origen directo en las escuelas de enseñanza técnica que se habían establecido a fines de la Colonia y en el periodo de la Reforma; pero la educación técnica se remonta a la época Prehispánica. Durante la misma, los artesanos indígenas transmitían sus conocimientos de una generación a otra en los campos de la pintura, la construcción, la elaboración de papel y colorantes, la alfarería, el trabajo de metales, la astronomía.

En 1529 fray Pedro de Gante fundó el Colegio de San José de los Naturales, destinado a la enseñanza del idioma castellano y rudimentos de arte industrial, tales como pintura decorativa, herrería artística, escultura en madera y carpintería. Pero los aspectos

de enseñanza industrial destinados a la formación de artesanos desaparecieron de ese colegio cuando fue transformado, en 1557, en la primera Escuela Normal del país. Durante la época colonial la enseñanza se enfocaba principalmente a las humanidades y a los estudios teológicos. Sin embargo, en el siglo XVIII se introdujeron nuevas ideas, como una reacción contra conceptos y sistemas tradicionales, que redundaron en grandes cambios en la enseñanza superior, la que fue orientada con un carácter nacionalista y experimental, significándose por su importancia en el estudio de las ciencias naturales. En este periodo la figura más notable fue José Antonio Alzate y Ramírez, quien gastó gran parte de su fortuna en libros y aparatos para estudios e investigaciones.

3.1. Enseñanza universitaria

Durante el último tercio del siglo XVIII, el interés que se manifestó por el estudio de las ciencias se tradujo en la fundación de varias instituciones importantes, entre las cuales sobresalieron el Colegio de las Vizcaínas, fundado en 1767, que empezó a impartir enseñanzas de artes y oficios para mujeres; la Real Escuela de Cirugía y el Real Seminario de Minas, establecidos respectivamente en 1768 y 1792. Este último es el antecesor de la actual Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) y estaba destinado a la formación de técnicos para dirigir el trabajo en las minas y para efectuar el beneficio de los metales.

El título profesional concedido por el Real Seminario de Minas era el de Perito Facultativo de Minas, y probablemente el primero en obtenerlo fue Casimiro Chovell, titulado en el año de 1800. La institución estaba dotada de gabinetes de física, de mineralogía, de química y de análisis metalúrgicos, que en realidad fueron los primeros laboratorios científicos de México. El distinguido químico español Fausto de Elhúyar y de Zúdice fue el primer director del Colegio de Minería, y en sus laboratorios Andrés del Río descubrió el vanadio, al que originalmente denominó eritronio; aunque desgraciadamente en su época no le fueron reconocidos sus trabajos; no obstante, es



Figura 3.1: Palacio de Minería. Figura tomada del libro [45], pp. 194–195.



Figura 3.2: Fausto de Elhúyar. Figura tomada del libro [45], p. 191.

interesante mencionar que en algunas publicaciones modernas de la ex Unión Soviética se acredita plenamente su aportación.

A mediados del siglo XIX se fundaron algunos centros de enseñanza técnica, como la Escuela de Artes y Oficios, establecida en 1856 por el presidente Comonfort, donde se preparaban algunos tipos de técnicos medios, auxiliares y expertos que trabajaban como maestros de taller y de obra, y la Escuela Nacional de Agricultura y Veterinaria, fundada el año de 1857, que dependía del Ministerio de Fomento; en esta escuela se impartían las especialidades de veterinaria, con duración de cuatro años, y la de agricultor que duraba siete años.

En 1867, durante la Reforma, se inició una etapa de gran importancia para la ingeniería mexicana cuando el presidente Benito Juárez expidió, el 2 de diciembre de ese año, la Ley Orgánica de Instrucción Pública, en el Distrito Federal. El artículo 6 del capítulo II indica cuáles eran las escuelas de instrucción secundaria que se establecían en el Distrito Federal. Entre éstas aparecían las de Agricultura y Veterinaria, la de Ingenieros y la de Artes y Oficios.

Al expedirse la Ley Orgánica mencionada, la Escuela de Minería se transformó en Escuela Especial de Ingenieros, y en la misma se impartían las

carreras de ingeniero de minas, ingeniero mecánico, ingeniero de caminos, puentes y canales, ingeniero topógrafo e hidromensurador, e ingeniero geógrafo e hidrógrafo. Esta escuela, desde su fundación, tomó parte activa en la vida del país, mediante el trabajo de sus egresados, en las obras públicas y privadas que en esa época se realizaban en el territorio nacional. En 1883 se denominaba ya Escuela Nacional de Ingeniería. En 1889, a propuesta de Mariano Villamil, se creó en México la carrera de ingeniero electricista y en 1897 cambió el nombre de la carrera de ingeniería de caminos, puentes y canales por el de ingeniería civil, que corresponde más a la actividad que realiza. Después de cambiar varias veces su nombre, en 1954 se denominaba Escuela Nacional de Ingenieros y fue trasladada del Palacio de Minería a la Ciudad Universitaria; en ese mismo año se transformó en la actual Facultad de Ingeniería.

En 1916 fue fundada la Escuela Nacional de Química Industrial; ésta se denominó después Escuela Nacional de Ciencias e Industrias Químicas, y actualmente es la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Nacional Autónoma de México.

En febrero de 1883, siendo presidente de la República Manuel González, se expidió un decreto que reformaba la Ley de Instrucción Pública en lo relativo a la enseñanza agrícola y minera. En el artículo primero



Figura 3.3: Emblema y uniforme de los alumnos del Real Seminario de Minería. Figura tomada del libro [46], pp. 29 y 30.

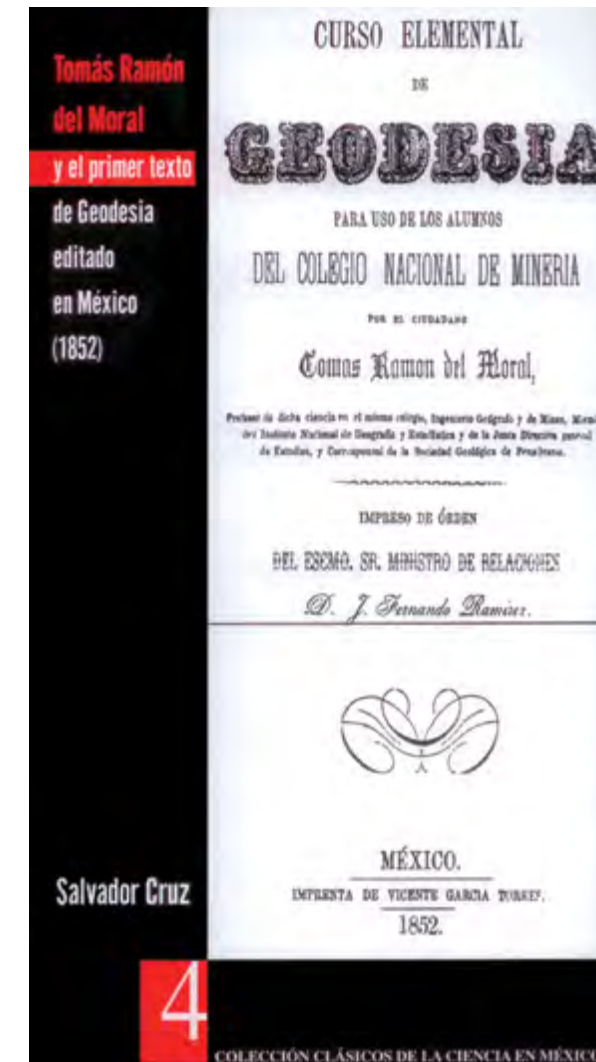


Figura 3.4: Curso de Geodesia.

se indica que se establecían la Escuela Nacional de Ingenieros, con su anexa, la Escuela Práctica de Laboreo de Minas y Metalurgia, y la Escuela Nacional de Agricultura. En el artículo segundo se especifica que en la Escuela Nacional de Ingenieros se instituirían las carreras de metalurgista, ensayador y apartador de metales, ingeniero topógrafo e hidrógrafo, ingeniero industrial, ingeniero de caminos, puertos y canales e ingeniero de minas y metalurgista. Asimismo, en el artículo 12 del mismo decreto, se dice que en la Escuela Nacional de Agricultura se establecían las carreras de ingeniero agrónomo y médico veterinario. Como puede verse, la mayoría de las carreras indicadas en este decreto tienen aún gran interés en nuestros días, como es el caso de la ingeniería industrial y de la ingeniería agronómica. El 20 de agosto de 1909 se creó la Escuela Forestal, fundada y dirigida por el ingeniero Miguel Ángel de Quevedo, siendo la primera establecida en Latinoamérica.

En 1916 la Escuela Forestal se transformó en Escuela Nacional Forestal, que en 1926 dejó de funcionar, siendo la Escuela Nacional de Agricultura la que se encargó desde entonces de la enseñanza en esa especialidad. Más adelante, en 1933, la UNAM estableció la carrera de ingeniero forestal dentro de la Escuela Nacional de Ingenieros, pero funcionó únicamente durante cuatro años.

3.2. Enseñanza politécnica

La enseñanza técnica antes de la Revolución de 1910 casi no estaba relacionada con los sistemas de producción y en las pocas industrias que existían en el país se tenía un gran desperdicio de recursos humanos y materiales, que colocaban a México en una posición muy desventajosa para lograr un desarrollo social y económico efectivo.

En 1915, la Escuela de Artes y Oficios, creada por el presidente Juárez, se transformó, por decreto del presidente Venustiano Carranza, en Escuela Práctica de Ingenieros Mecánicos y Electricistas (EPIME). Las primeras carreras que se establecieron en esa escuela fueron: la de ingeniero mecánico y la de ingeniero electricista, así como cursos técnicos auxiliares de esas ramas. En 1921 se modificó el plan de estudios original, ambas carreras se fusionaron en la de ingeniero mecánico electricista y se aumentó el tiempo de preparación profesional. Esta escuela cambió posteriormente su nombre por el de Escuela de Ingenieros Mecánicos Electricistas (EIME), dependiente del Departamento de Enseñanza Técnica de la Secretaría de Educación Pública y, en 1932, por disposición del entonces jefe de la misma dependencia, Luis Enrique Erro, se transformó en la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica (ESIME). Al incorporarse ésta al Instituto Politécnico, la ingeniería eléctrica y la mecánica volvieron a separarse en dos carreras distintas y comenzaron a impartirse dos especialidades de gran



Figura 3.5: Teodolito del siglo XVIII. Colección del Museo de la Ciencia de Londres.



Figura 3.6: El ingeniero Juan de Dios Bátiz mostrando al presidente Lázaro Cárdenas una maqueta de las instalaciones del IPN. En la fotografía aparece también el ingeniero Wilfrido Massieu y el licenciado Gonzalo Vázquez Vela. Figura tomada del libro [47], p. 43.

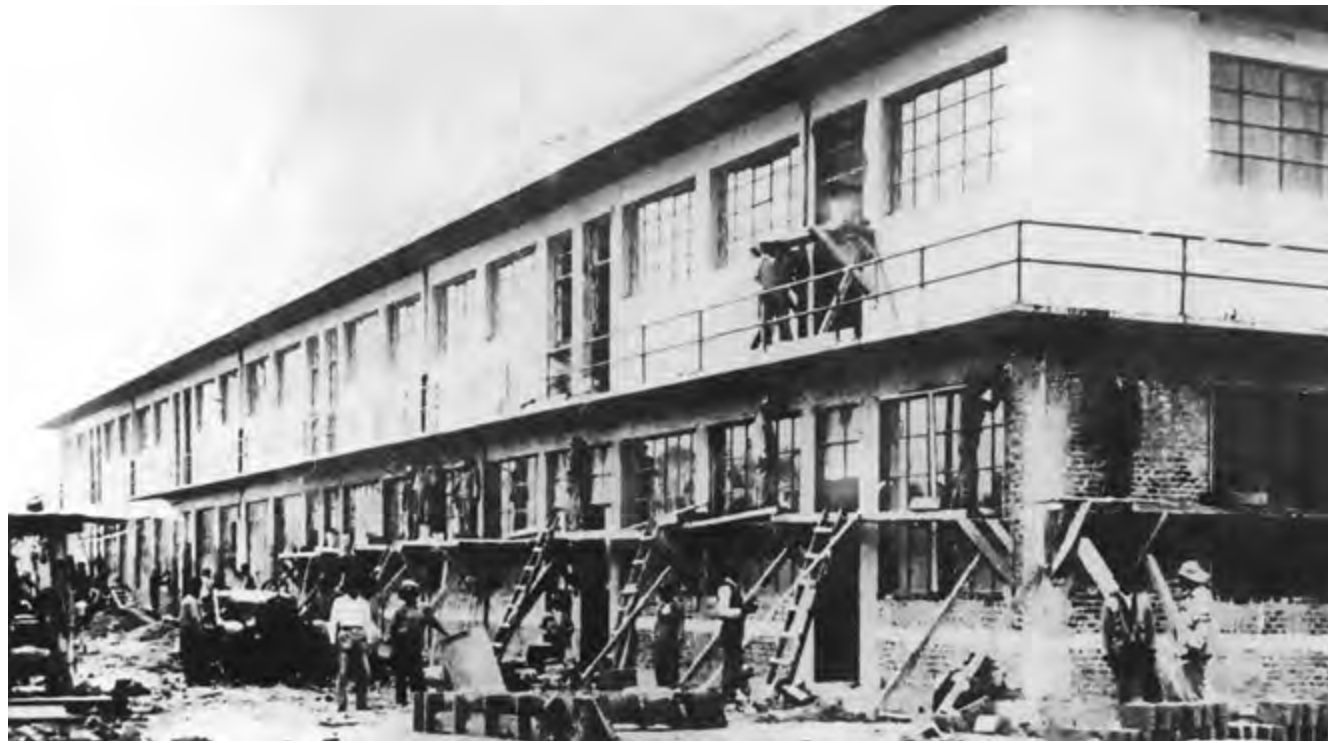


Figura 3.7: Aspecto que presentaba la construcción de las escuelas del IPN en el año de 1937. Figura tomada del libro [47], p. 46.

importancia en la época actual: la de ingeniería de comunicaciones eléctricas —que posteriormente se transformó en la de ingeniería de comunicaciones y electrónica— y la de ingeniería aeronáutica.

En el año de 1922 se estableció la Escuela Técnica de Maestros Constructores, cuya finalidad era la de formar técnicos de nivel medio en diferentes ramas de la construcción. En esta escuela se estudiaban carreras directamente ligadas con la construcción de obras civiles y se formaban, entre otros, técni-

cos en electricidad, albañilería, fundición y perforación de pozos. En el año de 1931 se transformó en la Escuela Superior de Construcción, donde se podía estudiar para ingeniero constructor, proyectista técnico y constructor técnico. La duración de estas carreras era de cuatro años y para ser inscrito en ellas se requería haber cursado una preparatoria técnica de cuatro años.

Es interesante mencionar que los planes y programas de estudio de esta escuela estaban estructurados

de manera tal que se podía tener salidas laterales, con cierta semejanza a las que actualmente se han implantado en el IPN y en otras instituciones de enseñanza superior, de acuerdo con la reforma educativa iniciada en 1971 por el gobierno de la República. De esta manera, los estudiantes que terminaban únicamente la preparatoria técnica obtenían un diploma de maestro de obras. Si no terminaban los cuatro años de la enseñanza superior, pero habían cursado un número de materias conveniente, podían obtener el título de proyectista constructor o constructor técnico y si terminaban los cuatro años lograban el de ingeniero constructor. Este plantel se transformó, a su vez, al crearse el Instituto Politécnico Nacional, en la Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura.

En el año de 1924 se creó el Instituto Técnico Industrial (ITI), con base en un proyecto que se tenía para crear en el antiguo Casco de Santo Tomás una escuela técnica para ferrocarrileros. En ese instituto se impartían cursos diurnos y nocturnos para la preparación de montadores mecánicos, montadores electricistas y de peritos automovilistas. Entre los cursos del ITI, además de los de las ramas científicas y tecnológicas, se impartían otros de lengua nacional, inglés, historia, moral, civismo e higiene. Los planes de estudio tenían una duración de cuatro años, y para ingresar a esta escuela era requisito la educación primaria. El fundador y primer director del ITI fue el ingeniero Wilfrido Massieu. Al fundarse el Instituto Politécnico Nacional, el ITI pasó a ser parte de él y se transformó en la Es-

cuela Vocacional núm. 1, que era el antecedente para ingresar a las escuelas de ingeniería.

La industria textil en México siempre ha tenido gran importancia, ya que estas actividades se remontan a la época Prehispánica, sin embargo, los artesanos, técnicos y obreros de la industria textil, hasta hace poco, se venían formando básicamente en los propios centros de trabajo, lo que daba lugar a que se mantuvieran los procedimientos empíricos que prevalecían a fines del siglo pasado. Esto hizo patente la necesidad de establecer sistemas de capacitación que permitieran avances técnicos de importancia; se crearon así, en 1933, dos escuelas federales: la Escuela Federal de Industrias textiles núm.1 en Río Blanco, Veracruz, y la Escuela Federal de Industrias Textiles núm. 2 en Villa Obregón, DF. Ambas se incorporaron más tarde al Instituto Politécnico Nacional, aunque la primera desapareció tiempo después y la segunda cambió su nombre por el de Escuela Superior de Ingeniería Textil.

A principios de la década 1930-1940, pese a que ya existían instituciones educativas de un nivel importante, la enseñanza técnica en México se impartía de manera desordenada y con gran falta de planeación y coordinación, lo que impedía utilizar en forma óptima los recursos materiales y humanos que poseía el país para su desarrollo tecnológico e industrial. Debido a esto, en 1932, bajo la presidencia de Abelardo L. Rodríguez y siendo secretario de Educación Pública, Narciso Bassols, y jefe del Departamento de

Educación Técnica de la propia Secretaría, Luis Enrique Erro, se intentó introducir cambios que figuran entre los principios que sirvieron de base a la creación del Instituto Politécnico Nacional.

Ahora bien, dentro de las nuevas orientaciones que se dieron a la educación durante el régimen del presidente Lázaro Cárdenas, se emprendió de manera formal la creación de dicho instituto, el cual estuvo formado inicialmente por los planteles que integraban la denominada “institución politécnica”, a los que se añadieron la Escuela Nacional de Bacteriología, Parasitología y Fermentaciones, creada en 1934, que posteriormente se transformó en la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, y la Escuela Nacional de Medicina Homeopática, fundada en 1896.

La creación del Instituto Politécnico Nacional fue un paso fundamental en la evolución de la enseñanza técnica en nuestro país en la primera mitad del siglo XX; sin embargo, al iniciar sus trabajos el instituto hubo el siguiente señalamiento del doctor Guillermo Massieu en un artículo que publicó sobre los Centros de Enseñanza Tecnológica ([47], p. 25):

—El pragmatismo fue llevado a la exageración y presidió la fundamentación filosófica y los objetivos del sistema, marcando una tajante distinción con respecto a la enseñanza de tipo universitario. Los planes de estudio fueron estructurados lisa y llanamente para la forma-

ción de técnicos y peritos en un sentido vertical: desde obreros calificados hasta ingenieros, sin concesiones en cuanto a la adquisición, paralelamente, de elementos humanísticos y culturales. La urgente necesidad de técnicos de aquella época en cuanto se percibe el inicio de un periodo de intenso desarrollo del país, en relación a la industria y otros sectores de producción de bienes y servicios, justificaron en parte esa actitud.

—Aun cuando fue un gran avance esta etapa, en lo que se refiere a la estructuración de un sistema disperso y la definición de sus objetivos, no es concebible apartarse, ahora más que nunca del ideal de formar simultáneamente al hombre y al técnico o científico, al ciudadano que requiere México, consciente de sus deberes hacia la sociedad y del buen uso que debe hacerse de la técnica y la ciencia, en su beneficio; al hombre que busca su plena autorealización...

—Es más factible que un maestro técnico, un ingeniero o científico, tengan mayores posibilidades de efectuar un trabajo conscientemente efectivo, entusiasta y creativo, si en el curso de su formación se introducen sólidos elementos culturales, humanistas, en armónico equilibrio con los científicos y tecnológicos. Por ello me atrevo a decir que los aspectos de principio en algunos de los postulados que fueron instituidos al concebir la escuela politécnica, fueron incompletos. Afortunadamente, y en épocas recientes, estas situaciones anómalas se han venido corrigiendo en el Sistema Nacional de Enseñanza Técnica.



Figura 3.8: Talleres de automotores de la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica del IPN en el año de 1940. Figura tomada del libro [47], p. 47.

En el mes de enero de 1937 se efectuó una ceremonia en el Palacio de Bellas Artes para inaugurar los cursos del Instituto Politécnico Nacional, y esta fecha es considerada como la correspondiente a la inauguración oficial del Politécnico.

Un paso muy importante para el desarrollo de la enseñanza de la ingeniería y en general de la educación técnica en México, con miras a descentralizarla geográficamente hacia los diversos estados de la Re-

pública, fue el establecimiento de Institutos Tecnológicos Regionales, de los cuales el primero fue el de la ciudad de Durango, fundado en el año de 1948. La planeación original de la estructura de estos planteles fue realizada por un organismo dependiente del Instituto Politécnico Nacional, al que se denominó Comisión para el Estudio de los Institutos Tecnológicos Foráneos del IPN.

4

CAPÍTULO
LA INGENIERÍA
EN PUEBLA



Figura 4.1: Reglamento general de estudios, expedido por el general presidente Antonio López de Santa Anna en 1855.

4.1. El Colegio del Estado de Puebla

El inicio de los estudios técnicos en el Colegio del Estado de Puebla, actual BUAP, se remonta al año 1841, cuando empiezan a impartirse cursos de matemáticas y física a nivel elemental. En el año de 1854, el general presidente Antonio López de Santa Anna expide el Reglamento General de Estudios, señalándose los temas que deberían abordarse en las cátedras de Física y Matemáticas a nivel superior (publicado en Puebla en 1855).

Al triunfo de la Revolución de Ayutla cambia totalmente la manera de pensar con respecto a los planes de estudio, que funcionaban de acuerdo con las normas santannistas de la educación. La preocupación inmediata fue asegurar el sostenimiento de la institución, a cada momento más difícil. De esta manera, el gobernador don Juan B. Traconis, por Ley del 11 de octubre de 1856, decreta la forma de allegarse fondos para el fomento de la educación.

A pesar de los problemas debidos a la Intervención francesa, el Colegio al igual que la ciudad se sintió atraído por la seguridad aparente que ofrecía el nuevo gobierno. El 17 de septiembre de 1862, el gobernador Ignacio Mejía inauguró los cursos según el plan de estudios de fecha 16 de septiembre de 1862; en este plan quedaba establecida la carrera de agrimensor, además de la instrucción secundaria, jurisprudencia y estudios especiales. Este plan no sufrió modificaciones sino hasta el año de 1866, según el modelo de los liceos franceses de la época (especialmente la instrucción secundaria).

Entre los catedráticos más destacados de esa época podemos mencionar al ingeniero Miguel J. Espino, que fue el primer director del Ramo de Ingenieros; al ingeniero Pedro J. Sentés, que fundó el gabinete de Historia Natural en 1875, a partir de algunas piezas del museo construido por don José Manzo en 1828, y a los ingenieros Ángel Cabrera y Abraham García.

Conviene señalar ahora que las profundas modificaciones en los planes de estudio a nivel superior, casi totalmente opuestos a la antigua manera de pensar y actuar del Colegio, no serían fáciles de explicar sin tener en cuenta los cambios ocurridos dentro de la enseñanza primaria en el distrito de Puebla.

Adelantándose a la Ley de Instrucción Pública (1865) emitida por el régimen de Maximiliano, ya en 1864 la enseñanza primaria incluye asignaturas que capacitan a los alumnos para cursar los estudios secundarios en lo que hoy denominamos “ciencias exactas” [56]. Pero, además, en el Estado de Puebla dicha enseñanza sería obligatoria desde 1871.

Por otra parte, desde la Intervención francesa, Puebla comienza a ser el núcleo de estudios más importante del centro y sureste mexicanos; estudiantes de Oaxaca, Veracruz, Tabasco y Chiapas que anteriormente iban a Mérida, se desplazan a la Angelópolis.

En estas circunstancias, en 1875 la población del Colegio era de 332 alumnos, de los cuales 92 estudiaban para abogados, 66 para ingenieros, 50 para escribanos y 124 cursaban la instrucción secundaria. La academia de maestros estaba integrada por 21 profesores (ver [57], p. 189).

Figura 4.4: Fotografía tomada del Libro de Matrículas del Colegio del Estado, la cual muestra los cursos que se impartirían en ese año [48].

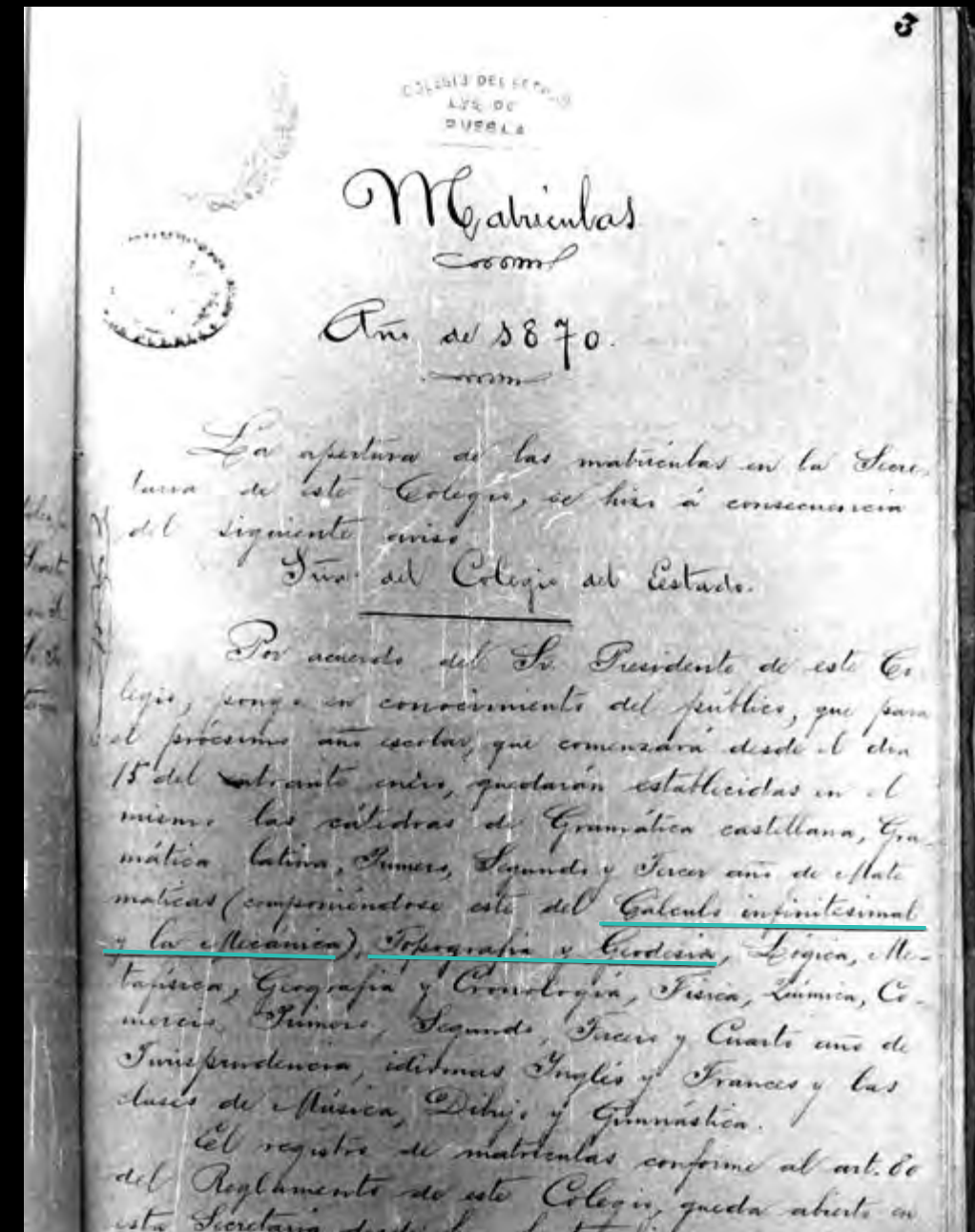




Figura 4.5: Primer curso de química impartido en el Colegio del Estado por el señor profesor y doctor Joaquín Ibáñez. De izquierda a derecha, doctor en farmacia Manuel Mena; doctor Joaquín Ramírez; profesor Carlos Espino-barros; presbítero Nemesio Escalante; doctor Joaquín Ibáñez; señor Rafael Garza; profesor Rafael Rodríguez; profesor José María Ruiz.



Figura 4.6: Almacén de instrumentos y aparatos de química.



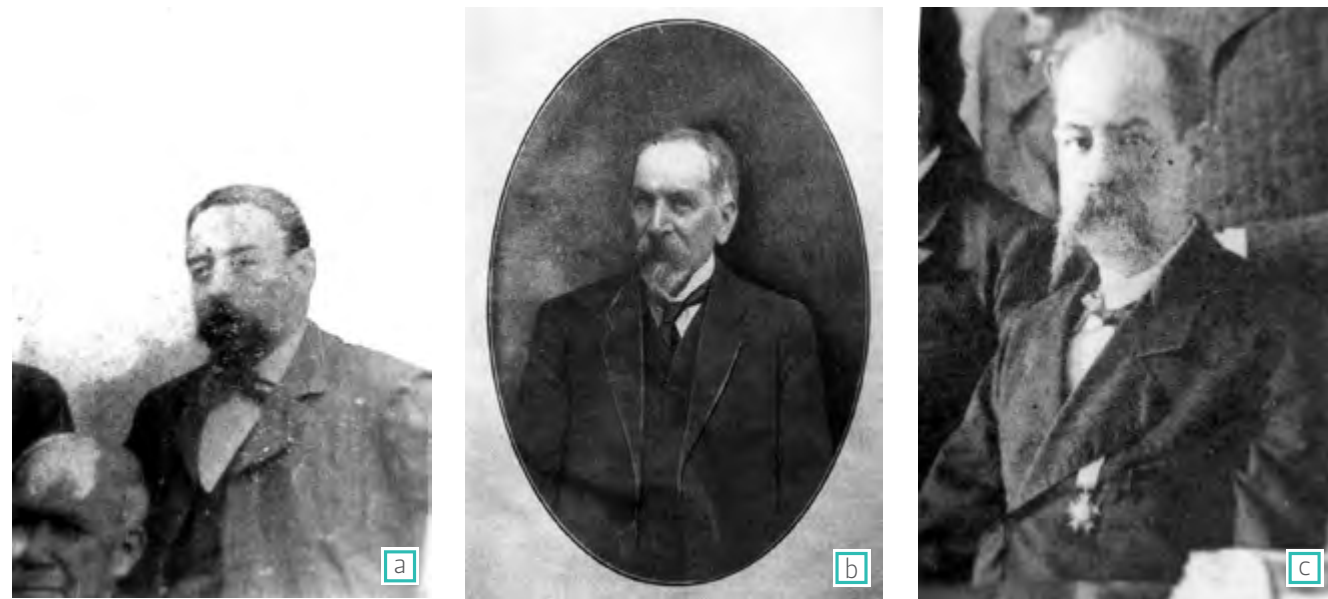
Ahora bien, el relativamente elevado número de alumnos que cursaban estudios técnicos en esa época en el Colegio, sólo puede explicarse en función del proceso de modernización del país al que aspiraban los gobiernos de Juárez y Lerdo. Los liberales de 1867 tenían una fe ciega en la capacidad redentora y lucrativa de las modernas vías de comunicación y transporte. Don Francisco Zarco decía: “decretemos ferrocarriles, caminos... para comunicar espiritual y materialmente al país”. Zamacona notaba: “los caminos de hierro resolverán todas las cuestiones políticas, sociales y económicas que no han podido resolver la abnegación y la sangre de dos generaciones”. El objetivo de construir vías férreas encabeza la agenda liberal (ver [58], p. 911).

Sin embargo, no es sino hasta el año de 1878, durante la gubernatura de don Juan Crisóstomo Bonilla, cuando el 5º Congreso Constitucional del Estado Libre y Soberano de Puebla decreta una nueva Ley de Instrucción Pública; la cual constituye el exponente más claro de la reforma positivista, y es decisiva para comprender la historia de la educación en el estado de Puebla.

Esta Ley, en sus artículos del 19 al 32, establecía las carreras de abogado, notario y escribano, agente de negocios, médico, químico-farmacéutico e ingeniero.

Cabe destacar la importancia que se otorga a esta última profesión, pues se instituyen siete especialidades: ingeniero topógrafo e hidromensor, ingeniero

Figura 4.7: Decreto del licenciado Juan Gómez.



geógrafo e hidrógrafo, ensayador y apartador de metales, ingeniero de minas y beneficio de metales, ingeniero mecánico, ingeniero civil, maestro de obras y además la carrera de arquitecto (ver [59], pp. 6-9).

En el artículo 60 del título VI se indicaba que las clases profesionales para los ingenieros de minas y mecánicos se establecerían a partir del siguiente año de la publicación, y en el artículo 62 del mismo título se hablaba del establecimiento de un observatorio astronómico, que quedaría bajo la inmediata inspección del profesor del ramo. La instrucción sería gratuita y se impartiría en el Colegio del Estado.

Era evidente que se trataba de dar un gran impulso a las carreras técnicas, con el fin de proporcionar profesionistas capaces de ayudar a la evolución del país. Debe tenerse presente que en esa época, además del desarrollo de la industria, se consideraba de

Figura 4.8: (a) Ingeniero Miguel J. Espino. (b) Ingeniero Abraham García. (c) Ingeniero Ángel Cabrera.



Figura 4.9: (a) Manuel Carrasco. (b) Eduardo del Valle.

fundamental importancia el desarrollo de las comunicaciones. El 10 de mayo de 1849 el español Juan de la Granja (1785-1856) había obtenido la concesión exclusiva para introducir el moderno sistema de comunicación telegráfica en toda la república mexicana. El 13 de noviembre de 1850 se hizo una demostración pública del telégrafo electromagnético, transmitiendo mensajes entre el Palacio Nacional y el Colegio de Minería, por el propio Juan de la Granja y su socio William George Stewart. El 5 de noviembre 1851 se inauguró el tramo de 45 leguas de la ciudad de México a la población de Nopalucan, Pue., con la asistencia del presidente general Mariano Arista.

En diciembre de 1871 el doctor y profesor Manuel Ibáñez había llevado a cabo los primeros experimentos de alumbrado eléctrico en el Colegio del Estado y la calle y Plazuela de la Compañía. Para la alimentación de las lámparas de arco con regulador Serrin, se utilizaron 100 pares de pilas Bunsen.



Figura 4.10: Gabinete de historia natural.



Figura 4.11: Ingeniero Pedro J. Sentfes.

PROFESION DE ESCRIBANO.

Los alumnos que se dedican á esta profesion seguirán las cursos 3.^o, 3.^o, 4.^o, 5.^o y 6.^o de Derecho, obligándose á integrar las materias del 2.^o y 3.^o; Derecho Constitucional del 4.^o y Ejecutamiento práctico del 5.^o y 6.^o. En el segundo año de Derecho cursarán el primero de Idioma. Alumnos y la Academia de perfeccionamiento de latín y en el 3.^o de Derecho, lo del segundo año de aquel idioma.

PROFESION DE AGENTE DE NEGOCIOS.

Seguirán las cursos 3.^o y 6.^o de Derecho para instruirse en la teoría de Ejecutamientos y procedimientos judiciales y administrativos. En el quinto año cursarán la primera cátedra de idioma alemán y asistirán á la Academia del perfeccionamiento de latín y en el sexto año, á la del segundo año de aquel idioma.

PROFESION DE INGENIERO TOPOGRAFO E HIDROMENSOR.

PRIMER CURSO.

ASIGNATURA.	TEXTO.	METODO Y OBSERVACIONES.
I. Axiomas del Álgebra á la Geometría, Trigonometría rectángula, Trigonometría esférica, Geometría Analítica de tres dimensiones; curvas de segundo grado. II. Geometría descriptiva. Planos rectos.	I. Mair y Teran y Chaves. II. Leclaire de Vourey Adhemar.	I. Estudio de memoria de la parte que designe el Profesor. Lecciones orales. Ejercicios de ambas trigonometrías. II. Ejercicios y dibujos de montes bajo la dirección del Profesor, quien señalará las que deben presentar los alumnos en el examen. Enseñará el Profesor de segundo curso de Matemáticas.

SEGUNDO CURSO.

I. Cálculo trascendente. II. Mecánica racional. III. Hidráulica.	I. Díaz Covarrubias. II. Boucharlat. III. Apuntamientos del Profesor.	I, II y III. Estudio de memoria de la parte que el profesor designe. Lecciones orales. Ejercicios. Enseñará el Profesor de tercer curso de Matemáticas.
--	---	---

TERCER CURSO.

I. Topografía. II. Hidromensura. III. Distancias de tierra y agua.	I. Díaz Covarrubias. II. Apuntamientos del Profesor. III. Apuntamientos del Profesor.	I. Estudio de memoria de la parte que designe el Profesor. Lecciones orales. Aplicaciones. Manejo de instrumentos. II, III. A juicio del Profesor. Enseñará el Profesor de Topografía.
--	---	---

CUARTO CURSO.

Óptica y Astronomía prácticas.	Díaz Covarrubias.	Estudio de memoria de la parte que el Profesor designa. Lecciones orales. Ejercicios y aplicaciones. Enseñará el Profesor de Astronomía.
--------------------------------	-------------------	--

En las materias de este programa, en el Colegio del Estado de manera que los alumnos tomen en las cátedras las que les sean necesarias y después organicen por sí la lección dada, á fin de que los Profesores, no los entreguen á los alumnos, sino que personalmente les darán al Secretario del Colegio, para que antes que se verifiquen los exámenes que el curso de los apuntamientos haya empleado en su respectiva cátedra.

Riquel Ferrero,
SECRETARIO.

Figura 4.12: Programa de la carrera de ingeniero topógrafo e hidromensor en 1884.



Figura 4.13: Ferrocarril en la cañada de Metlac. Vista cerca de la estación de Fortín. Al fondo el Citlaltépetl. Cuadro de José María Velasco, 1897.



Figura 4.14: Despacho central del Colegio del Estado, flanqueado con pinturas y muebles de estilo colonial (circa 1920).

El 16 de septiembre de 1869 se había inaugurado el ramal Apizaco–Puebla de 47 km del Ferrocarril Mexicano y la línea total México–Puebla de 186 km. La línea completa México–Veracruz se inauguró a las doce horas del 1 de enero de 1873. A pesar de lo anterior, la citada ley resultó demasiado ambiciosa para la época, teniendo en cuenta que la población de la ciudad no llegaba a los 80,000 habitantes y que si bien se había supuesto la afluencia de estudiantes de los estados circunvecinos, en realidad no fueron suficientes para justificar la apertura de todas las carreras propuestas; considerando además que en esa época muy pocas personas terminaban su enseñanza primaria y el sexo femenino no tenía en realidad acceso a la educación superior (ver [60], p. 34).

En tal virtud, durante la década de los 80 y hasta 1893, el Colegio del Estado se limita a ofrecer las carreras de abogado, ingeniero topógrafo e hidromesurador, escribano y agente de negocios, siendo la de ingeniero la segunda en importancia, atendiendo al número de alumnos inscritos [61].

Ahora bien, en 1893, durante la gestión del general Mucio P. Martínez y siendo presidente del Colegio del Estado don Francisco Sánchez, se decreta una nueva Ley de Instrucción Pública. En el artículo 83 del capítulo IV se indicaba que los estudios de ingeniería comprenderían en lo sucesivo únicamente las siguientes carreras:



Figura 4.15: Juan de la Granja (1785–1856), introductor del telégrafo en la república mexicana.



Figura 4.16: Magneta de campaña mostrando a la izquierda el receptor y a la derecha el transmisor.

1. Ingeniero topógrafo e hidrógrafo.
2. Ingeniero de caminos, puertos, canales y construcciones civiles.
3. Ingeniero arquitecto.

La comisión encargada de presentar las reformas a los programas de estudio estuvo integrada por los señores ingenieros Eduardo del Valle, Carlos Revilla y Abraham García. La primera carrera se efectuaría en dos años y la segunda y tercera en cuatro años (ver [62], p. 21).

Había, además de estos cambios, una importante diferencia entre esta ley y la de 1879 y era que la educación superior dejaba de ser gratuita. El Estado se limitaría a proteger la instrucción profesional.

Es posible que esta disposición contribuyera a un descenso en el número de personas que aspiraban a la educación profesional; sin embargo, es interesante hacer notar que en nuestro estado los estudios de ingeniería, que nos parece estaban acordes con el desenvolvimiento que se esperaba del país, no desaparecieron, como ya había ocurrido y ocurrió después en otros estados, que tuvieron que suprimirlos por falta de alumnos. Para 1898 Oaxaca ya no los ofrecía y en el Estado de México fueron suprimidos en 1886. El gobierno de Jalisco los suspendió por lo excesivo de su costo. Nuevo León sostuvo sólo una Escuela de Mineralogía y tuvo que clausurarla varias veces al no haber personas interesadas en ella ([63], p. 174).



Figura 4.17: Placa del Museo Regional de Telecomunicaciones "Juan de la Granja".



Figura 4.18: Lámpara de arco con regulador. Este tipo de lámparas fueron muy empleadas durante la última parte del siglo XIX. Colección particular.

No obstante, en septiembre de 1898 el gobernador Mucio P. Martínez reforma la Ley de Educación de 1893, especificándose que en lo sucesivo los estudios de ingeniería comprenderían únicamente la profesión de Ingeniero topógrafo, de caminos, obras hidráulicas y construcciones civiles. La carrera se efectuaría en cuatro años (ver [64], p. 2).

A pesar de estos tropiezos, los estudios técnicos y científicos tuvieron gran auge y apoyo durante la presidencia del licenciado José Rafael Isunza (1894–1910). El Gabinete de Física, que había sido fundado el 19 de febrero de 1870 con los aparatos que existían en la Escuela de Medicina (independiente del Colegio), y trasladado más tarde a la llamada Capilla Doméstica (Salón Barroco), recibió la más cuidadosa atención, quedando dotado de una completa colección de aparatos clásicos y de aplicaciones industriales; una colección de sustancias radiactivas; aparato de rayos X y dos estaciones de telegrafía inalámbrica sistema Hergoz, que fueron de los primeros que llegaron al país (ver [65], pp. 68–71).

También, durante esa atinada dirección, teniendo en cuenta los avances en materia de comunicaciones eléctricas, se crea la cátedra de telegrafía práctica, contándose con destacados profesores, como don Alfredo Fenochio y don Joaquín Urrutia Martínez. Posteriormente se integran don Francisco L. Casián y don Francisco de Paula Tenorio, quienes durante los primeros años del siglo XX siguen de cerca las investigaciones del sabio italiano Guillermo Marconi sobre comunicaciones inalámbricas.



Figura 4.19: Inauguración del ramal Apizaco-Puebla del ferrocarril mexicano por el presidente Benito Juárez, en septiembre de 1869.



Figura 4.20: Gabinete de Física. En primer plano puede observarse el aparato de Koenig para el análisis del sonido (ver fotografía actual del aparato en el Museo Universitario, fig. 8.29).

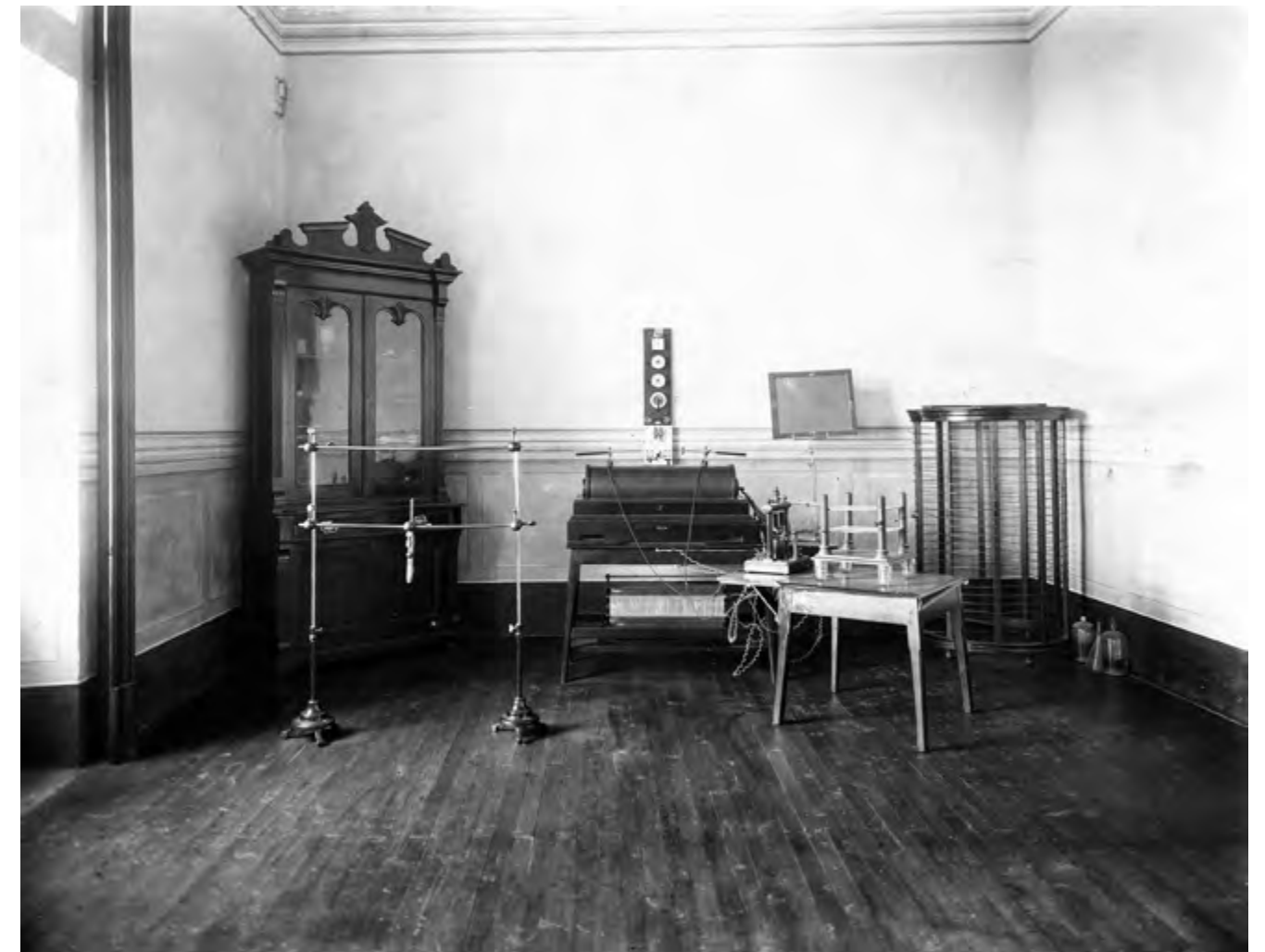


Figura 4.21: Gabinete de rayos X y electroterapia. Al centro la bobina de Rühmkorff.



Figura 4.22: (a) Señor licenciado J. Rafael Isunza. (b) Profesor de Farmacia don Alfredo Fenochio. (c) Doctor don Francisco L. Casián. (d) Ingeniero don Francisco de P. Tenorio.



Figura 4.23: (e) Ingeniero Salvador Morales. (f) Ingeniero Gabriel Espino. (g) Ingeniero Benigno González.

Otro importante avance en ese periodo, que algunos señalan como la época de oro del Colegio del Estado, fue la instalación de los observatorios astronómico y meteorológico; pues cuando fue fundado el segundo en 1879 no era sino una pequeña instalación con modestos aparatos.

En 1907 se adquirió un valioso telescopio fotoecuatorial de 162 mm, de abertura de objetivo, instalándose el observatorio en toda forma. La inauguración se efectuó el 10 de mayo de 1909, quedando encargado de su dirección el profesor Francisco de P. Tenorio. Este observatorio llegó a ser uno de los más prestigiados de provincia y colaboró en importantes trabajos nacionales e internacionales, participando destacados maestros de la Escuela de Ingeniería, entre los cuales podemos mencionar a los señores ingenieros Salvador Morales, Gabriel Espino y Benigno González.

Mensualmente se publicaba un boletín conteniendo los registros gráficos, resúmenes meteorológicos y una descripción detallada del estado del tiempo, junto con artículos científicos y descripciones de las investigaciones efectuadas en el plantel (ver [65], pp. 71-77).

Además de todos los logros señalados, que podemos considerar dignos de la más prestigiada universidad, hubo un enriquecimiento de la biblioteca técnica y científica de nuestra escuela. Sus valiosos volúmenes forman parte en la actualidad de la Biblioteca Lafragua.

Figura 4.24: Programa de estudios del Colegio del Estado en 1910.

ESTADO DE PUEBLA.

Cuenta de los gastos sobre instrucción *Asistencia, preparatoria*
y profesional correspondiente al año de 1910.

<i>Lugar donde se halla la Placita</i>		<i>Número del Establecimiento</i>	
Calle de la <i>Asistencia, preparatoria</i>		<i>Colegio del Estado de Puebla</i>	
Ciudad de <i>Puebla</i>		<i>Puebla</i>	
Municipio de <i>Puebla</i>		El establecimiento está organizado por <i>el Sr. Director del Estado</i>	
Distrito de <i>Puebla</i>			

<i>Ámbito de Establecimiento</i>		<i>Ámbito de alumnos inscritos</i>	
De hombres	1	Hombres	211
" mujeres	0	Mujeres	144
Mixtas	0	Suces	355

EDADES DE LOS ALUMNOS.

<i>Hombres</i>		<i>Mujeres</i>	
Menores de 12 años	0	Menores de 12 años	0
Mayores de 12 años	211	Mayores de 12 años	144

ASISTENCIA MEDIA MENSUAL.

Hombres	140	Mujeres	72
---------	-----	---------	----

RESULTADO DE LOS EXAMENES.

<i>Hombres examinados</i>		<i>Mujeres examinadas</i>	
id. aprobados	27	id. aprobadas	21
id. que concluyeron sus estudios	44	id. que concluyeron sus estudios	8
id. que sustentaron examen profesional	3	id. que sustentaron examen profesional	1

SUMARIO DE EMPLEADOS Y TOTAL DE SUELDOS QUE DISFRUTAN ANUALMENTE.

<i>Personal empleado en la Instrucción Secundaria y Preparatoria</i>		<i>Personal empleado en la Instrucción Profesional</i>	
Personal	Sueldo anual	Personal	Sueldo anual
1	Director	1	Director
2	Subdirectores	2	Subdirectores
3	Profesores y Catedráticos	4	Profesores y Catedráticos
4	Profesores	3	Profesores
5	Arrendatarios y Preparadores	2	Arrendatarios y Preparadores
6	Secretarios y otros empleados	2	Secretarios y otros empleados
7	Cuentapropistas, porteros y toda clase de servicios	2	Cuentapropistas, porteros y toda clase de servicios
8	Suma los sueldos	2	Suma los sueldos
9	Importe de los gastos invertidos en el año, en sueldos, libros y útiles para la instrucción, correspondiendo los sueldos	3	Importe de los gastos invertidos en el año, en sueldos, libros y útiles para la instrucción, correspondiendo los sueldos
10	Total de sueldos y gastos	4	Total de sueldos y gastos

IMPRESAS QUE SE CURSAN EN LA INSTRUCCION PROFESIONAL.

De Telegrafos, Correos - Abogados, Escritorios, Estudios
Farmacéuticos, Partidos e Ingenieros, Topografos, de Caminos, etc.
Industria y construcción, etc.

Nota: *Hay que tener en cuenta la rebaja de los sueldos de los empleados de la instrucción profesional.*

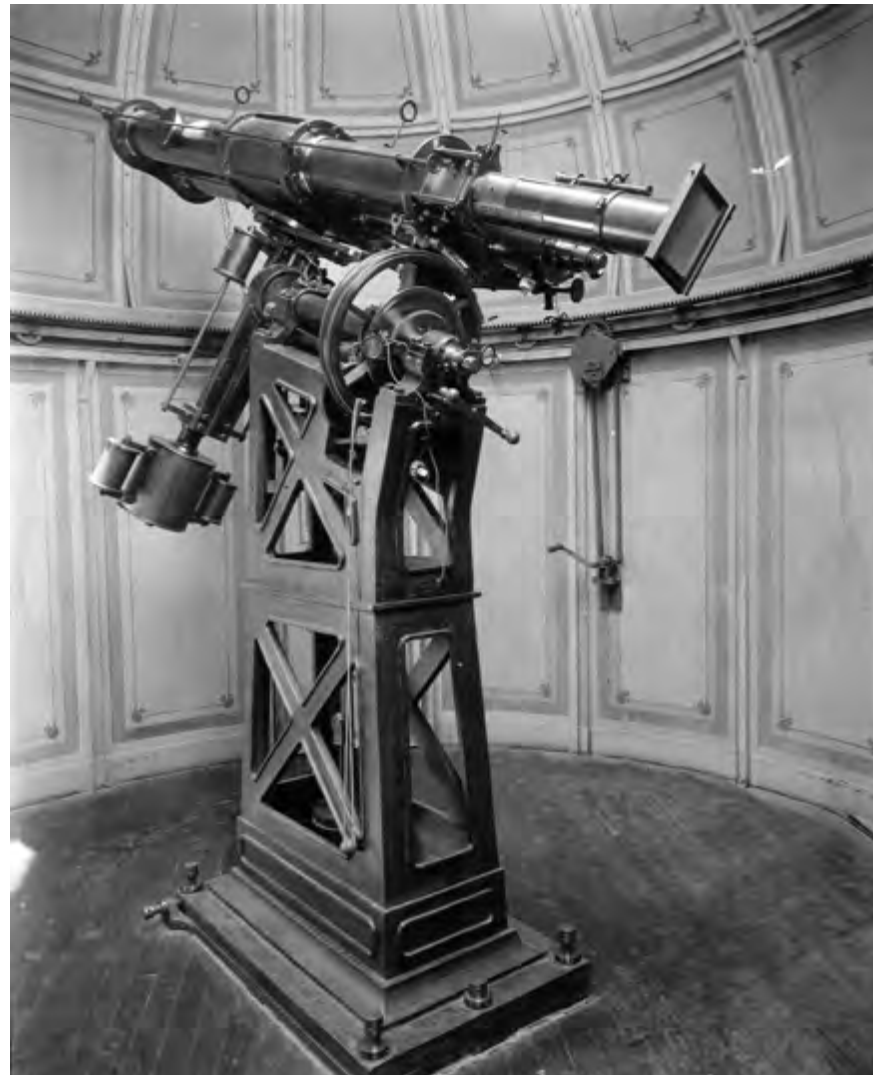


Figura 4.25: Telescopio fotoecuatorial de 162 mm de abertura de objetivo del Observatorio Astronómico del Colegio del Estado de Puebla.

Por otra parte, el impacto mundial que en las postrimerías del siglo XIX causaron las aplicaciones de la energía eléctrica en prácticamente todas las actividades cotidianas e industriales, no tardó en hacerse sentir en nuestro país y en nuestro estado. En 1879, durante el porfiriato, se instaló en la ciudad de León, en el estado de Guanajuato, la primera planta termoeléctrica, utilizada por la planta textil “La Americana”. Durante los primeros años la electricidad era utilizada casi exclusivamente para las comunicaciones telegráficas y la incipiente industria textil y minera y muy poco para el alumbrado público y privado. Dos años después, en 1881, principia el alumbrado público en el país, cuando la compañía Knight instaló en la ciudad de México las primeras cuarenta lámparas incandescentes, que llegarían a desplazar, en 1890, al alumbrado público a base de aceite de nabo.

Apenas un año después de que en algunas minas norteamericanas había sido montada la primera planta generadora empleada en el tratamiento de minerales, fue introducida la electricidad en la minería mexicana. Ya por el año de 1889, en las minas Batopilas funcionaban dos turbinas hidroeléctricas de 15 HP y dos generadores con motor de vapor acoplados a los molinos de trituración.

El estado y la ciudad de Puebla no fueron ajenos al desarrollo científico y tecnológico de finales del siglo XIX. Los más antiguos proyectos para el aprovechamiento del río Atoyac datan de 1576 y sus aguas

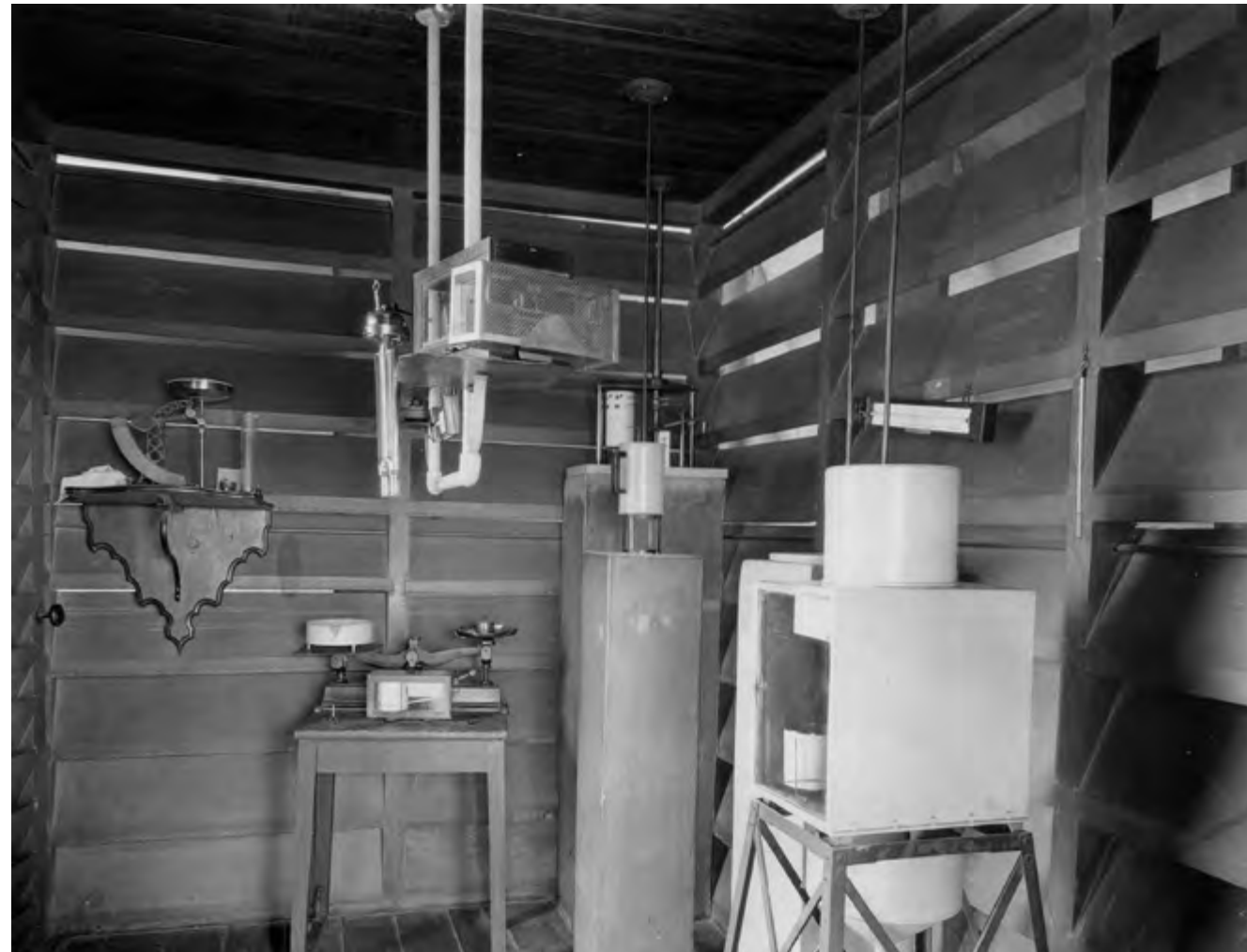


Figura 4.26: Instrumentos del observatorio meteorológico.



Figura 4.27: Gabinete de bacteriología.



Figura 4.28: Biblioteca José María Lafragua del Colegio del Estado con alumbrado eléctrico, circa 1920.

habían sido utilizadas desde los primeros tiempos de la Colonia, tanto en usos industriales como para riego en granjas y haciendas. En 1888 se construyó la primera planta hidroeléctrica sobre este río: una pequeña turbina de 2400 HP. La corriente eléctrica era enviada a la ciudad de Puebla, a los molinos y fábricas de hilados y tejidos. Se dice que fue una de las primeras en su género que funcionó en la república mexicana (ver [66], pp. 36–37).

Al parecer, la primera planta con motor de vapor y combustible de leña se ubicó en la calle llamada del “Nopalito” (sobre la calle 11 Norte, entre las avenidas 8 y 10 Poniente). Los generadores fueron fabricados por la Compañía General Electric. Con esta planta, establecida en 1885 por don Sebastián Benito de Mier, se inició el alumbrado público de la ciudad.

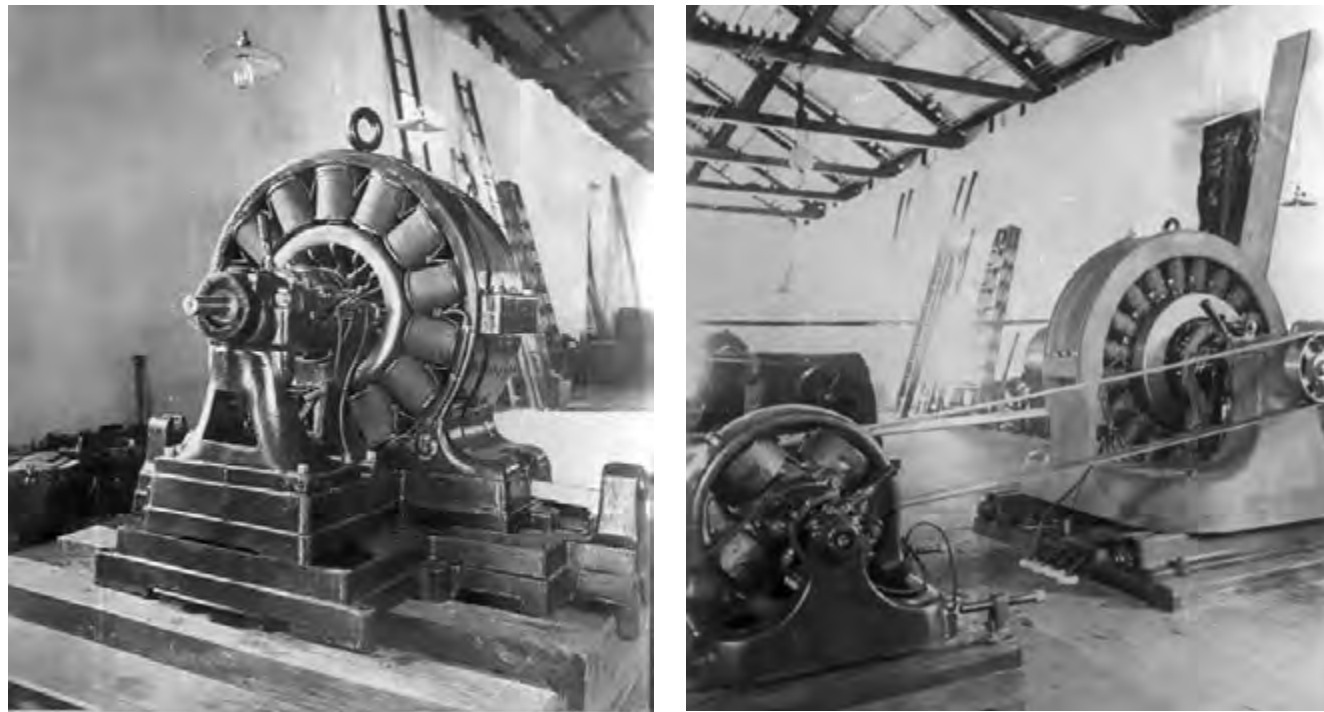
Se cita, como segunda planta, en 1887, la establecida en la hacienda de Echeverría, del municipio de Santa Clara Ocoyucan, jurisdicción de Cholula. La tercera fue la Hidroeléctrica de Portezuelo, también del ingeniero Mier. El arquitecto Eduardo Tamariz proyectó y ejecutó las obras de canalización de las aguas del río Atoyac. A la altura de Los Molinos, cerca de la ciudad de Atlixco, se construyó la presa del río Nexapa y la tubería de presión, de 95 cm de diámetro con caída de 40 metros, para alimentar las turbinas Pelton que hacen funcionar los generadores. Esta planta sigue

actualmente en operación, conservando 65% de su estructura original, así como sus generadores.

Mencionaremos finalmente la planta de Necaxa, en Huauchinango, Pue., construida en 1907 y considerada en esa época como de las más importantes del mundo. La energía generada en ella fue factor importante en el crecimiento e industrialización de la ciudad de México. No le tocó a Puebla disfrutar de su servicio, a pesar de estar en su territorio.

Además de los beneficios que la energía eléctrica proporcionó a la industria textil, su importancia fue determinante para la transformación de los servicios urbanos, como el alumbrado público, la distribución del agua potable por bombeo y el transporte.

La Puebla de los Ángeles es una ciudad a la que la historia ha castigado a su gusto. Después del periodo de trece sitios y destrucciones en que se vio envuelta a partir de la revolución de Independencia, hasta la batalla del 2 de abril de 1867, comenzó hacia la década de 1880 un proceso de reconstrucción que embelleció el centro de la ciudad y transformó su fisionomía. Además de la destrucción causada por las guerras de intervención y luchas fratricidas, las enfermedades provocadas por la carencia de servicios públicos como el agua potable y un buen sistema de alcantarillado, habían impedido el crecimiento de la población y el mejoramiento de la calidad de vida.



Pero una vez estabilizado el país y reducido el bandaje se inició el cambio y modernización.

Durante el porfiriato se conformó en Puebla una importante comunidad científica donde destacaron hombres como Rafael Serrano, Francisco Martínez Baca, Samuel Morales Pereira y Secundino Sosa, que cultivaron la medicina, la sanidad y la higiene. En educación: Gustavo P. Mahr, quien llegó a México con Maximiliano, pero a la caída del Imperio adquirió la nacionalidad mexicana y promovió la creación de la Academia de Profesores de Puebla. En ciencias exactas y en ingeniería: Alfredo Fenochio, Benigno González, Carlos Revilla y Francisco de P. Tenorio, entre muchos otros que sería largo mencionar. El papel

Figura 4.29: Generadores eléctricos de principio del siglo XX situados en la calle del Nopalito (calle 11 Norte entre avenidas 8 y 10 Poniente), Puebla, Pue.



Figura 4.30: Vista exterior de la central hidroeléctrica de Portezuelo, Atlixco, Puebla.

desempeñado por ese importante grupo de personas fue fundamental para el desarrollo del estado y la ciudad en aquella época.

El presidente municipal de Puebla, Francisco de Velasco, propuso e impulsó, entre 1907 y 1910, el proceso para dotar a la ciudad de un adecuado sistema de abastecimiento y distribución de agua potable, drenaje y alcantarillado, así como pavimentación, alumbrado y energía eléctrica, amén de medios de transporte.

El 27 de febrero de 1906, los señores ingenieros Carlos Revilla, Carlos Bello y Joaquín Bernal habían sido nombrados por el Ayuntamiento para realizar los estudios previos y dictaminar sobre las obras de saneamiento. El dictamen definitivo fue a favor del proyecto presentado por el ingeniero Roberto Gayol; persona muy destacada por sus obras de desagüe y alcantarillado en la ciudad de México.

A pesar de las acusaciones de peculado y luego de reflexionar sobre los años al frente del Ayuntamiento e intentando hacer un balance, Francisco de Velasco escribía satisfecho:

En resumen: en sólo un periodo de cuatro años (1907-1910), aunque aprovechándose algunos elementos de corporaciones municipales de 1905 y 1906 los ayuntamientos que tuve la honra de presidir llevaron a su término la transformación de Puebla: prácticamente concluidas las obras de alcantarillado, aguas y pavimentación, comenzadas las del mercado, terminadas también las de paseos y jardines; las reformas de tranvías, de

instalaciones eléctricas y del alumbrado en postes ornamentales dentro de la zona central... En proyecto el parque Guadalupe y Loreto, el Teatro Salón, la ampliación del Teatro Municipal y firmada la minuta del alumbrado público incandescente y en candelabros.

Simultáneamente, se había progresado en materia de comunicaciones eléctricas (telégrafo y teléfono), iluminación también eléctrica y, por otra parte, se hacía ya palpable una recuperación del nivel de población, que por fin superó la tendencia secular de crisis demográficas y que permitió al aparato productivo transitar sin grandes problemas de mano de obra.

En estas circunstancias, en 1889, el gobierno del estado de Puebla presidido por el general Mucio P. Martínez, comisionó al profesor Alfredo Fenochio para efectuar un estudio sobre la enseñanza y aplicaciones de la electricidad en el estado de Puebla; a través del cual se llegó a la conclusión de que debería establecerse formalmente la carrera de ingeniero electricista. En 1892 la Secretaría de Fomento comisionó ahora al ingeniero Benigno G. González para efectuar un estudio similar al anterior, llegándose a la misma conclusión. Desafortunadamente este proyecto jamás cristalizó [67, 68].

Desde nuestra perspectiva actual resulta evidente que al promediar la primera década de nuestro siglo se iniciaba ya la lenta decadencia en los estudios técnicos y en particular de nuestra escuela; decadencia



Figura 4.31: (a) Tubería de presión y, (b) un alternador de la central hidroeléctrica de Portezuelo, Atlixco, Puebla.

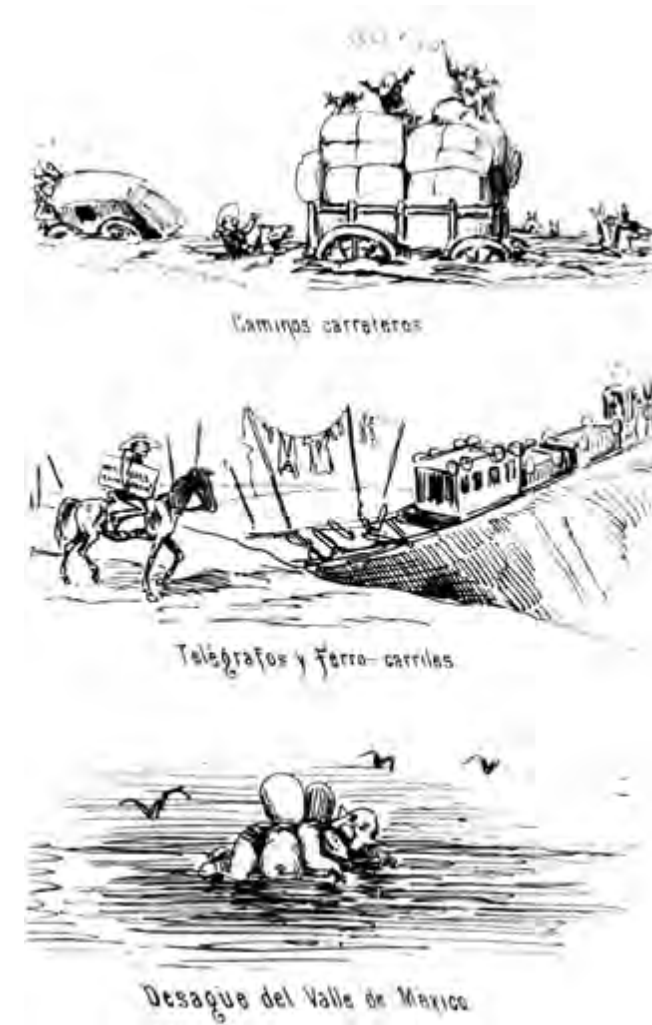


Figura 4.32: Caricatura mostrando el estado en que se encontraban los caminos carreteros, los telégrafos, los ferrocarriles y el desagüe del Valle de México en 1874, México gráfico. Grabado del libro [49], p. 76.

que habría de llevarla a su casi total extinción del inicio de la década de los veinte a fines de los treinta.

Esta situación, que seguramente merece un estudio especial, quizá pueda explicarse aunque sea en forma parcial considerando los siguientes factores:

1. Los aranceles de los ingenieros y arquitectos eran tan bajos que estos profesionales ganaban menos que un albañil o un carpintero ([63], p. 178 y [69], p.41).
2. La preferencia en la industria y transporte por los ingenieros extranjeros; a pesar de que estaba demostrada la capacidad de los mexicanos. De hecho, hubo muchas críticas por la discriminación de que eran objeto los nacionales en la construcción de vías férreas.
3. El poco interés de las clases dominantes por el desarrollo y evolución de sus empresas.
4. El debilitamiento de las bases sociales, filosóficas y educacionales del positivismo.
5. Después de 1910, la desarticulación económica y social originada por la Revolución Mexicana.

Por supuesto que la decadencia en los estudios profesionales no era privativa de la ingeniería; en realidad,

a duras penas sobrevivían los de abogado y médico en muchas universidades. Juan Andreu Almazán recuerda en sus memorias que sus condiscípulos de medicina eran tan pocos, que cada uno podía tener dos y hasta tres cadáveres para su disección.¹

Lo que ocurría era que en la sociedad mexicana de la época, lo que hoy se llama movilidad social o capilaridad, era muy limitada, de manera que ascender de la capa inferior a la media y a la superior era muy difícil. Sólo se lograba en casos excepcionales.

Venciendo poco a poco tales obstáculos había surgido una nueva generación de jóvenes que en las universidades obtuvieron sus títulos de abogados, médicos o ingenieros y que sentían la necesidad de hacerse presentes y abrirse paso en la vida pública del país. No obstante, era un hecho que había una disfuncionalidad en la educación superior. Los puestos eran pocos dentro del gobierno y menos aún los que entonces podía ofrecer lo que hoy se llama iniciativa privada (ver [70], pp. 130–131).

Sea lo que fuere, el 7 de octubre de 1916, siendo gobernador y comandante militar del estado de Puebla el general Cesáreo Castro, se decreta una nueva Ley de Instrucción Secundaria y Profesional.

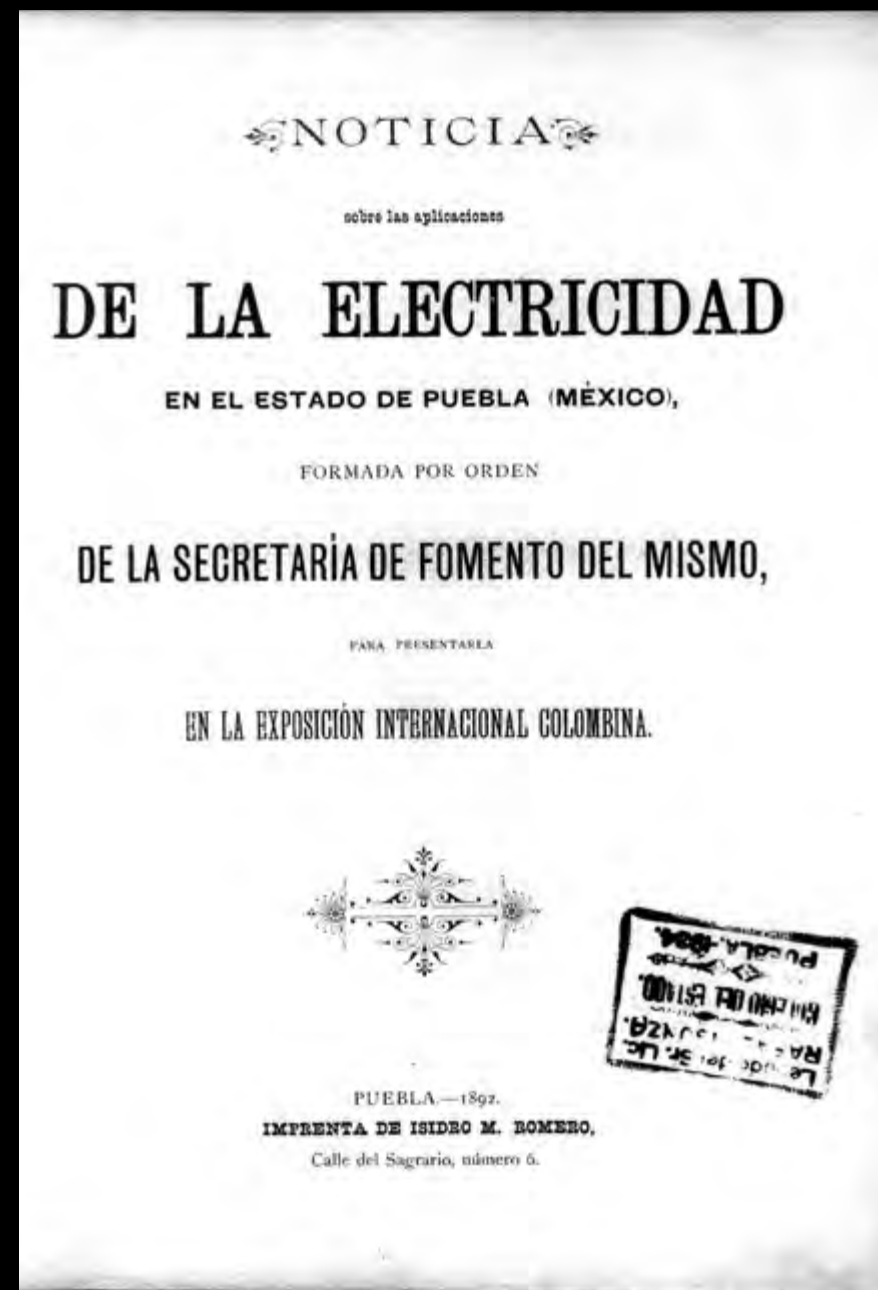
¹Para el estado de la población estudiantil, veáanse los informes y memorias documentadas del gobernador entre 1888 y 1911: "Memorias del general J. Andreu Almazán", *El Universal*, 8/ septiembre/1957.



Figura 4.33: Ingeniero Roberto Gayol.

Figura 4.34: Noticia sobre la enseñanza y aplicaciones de la electricidad en el estado de Puebla, presentada en la Exposición de Saint Louis Missouri en 1899 por el profesor y químico Alfredo Fenocho.





De acuerdo con el artículo 26 del capítulo III, se ratificaba la reducción de los estudios de ingeniería a una sola carrera: Ingeniero topógrafo, de caminos, obras hidráulicas y construcciones civiles; pero se especificaba que se efectuaría no en cuatro, sino en cinco años (ver [71], p. 21).

Se indicaba, además, que las carreras impartidas por el Colegio serían laicas, educativas e instructivas y se costearían por los fondos públicos. Pero debido a la situación económica del Colegio, “cuando así lo exigieren las circunstancias del erario, podrá el ejecutivo disponer que los alumnos costeen total o parcialmente, todas o algunas de las enseñanzas que recibieren, por el tiempo que fuere necesario”.

Asimismo, se establecía que para abrir un curso debería haber por lo menos tres alumnos matriculados regularmente y si durante el año dichos alumnos quedaren reducidos a uno, éste se cerraría.

Es posible que las disposiciones anteriores hayan originado la situación curiosa de que algunos alumnos pagaran clases particulares que recibían en el domicilio del maestro. Algo similar a lo ocurrido el siglo pasado en Monterrey, donde el ingeniero Francisco Mier, que fundó los estudios de ingeniería, impartió clases gratuitamente a su único alumno: Miguel F. Martínez, quien obtuvo el título de ingeniero topógrafo e hidromensurador en 1871 ([63], p. 171).

En septiembre de 1917 se estudia y es aprobado un proyecto de reforma a los estudios de ingeniería. La

Figura 4.35: Noticia sobre las aplicaciones de la electricidad en el estado de Puebla, presentada en la Exposición Internacional Colombiana en 1892 por el ingeniero Benigno González.



Figura 4.36: Enseñanza de la electricidad.

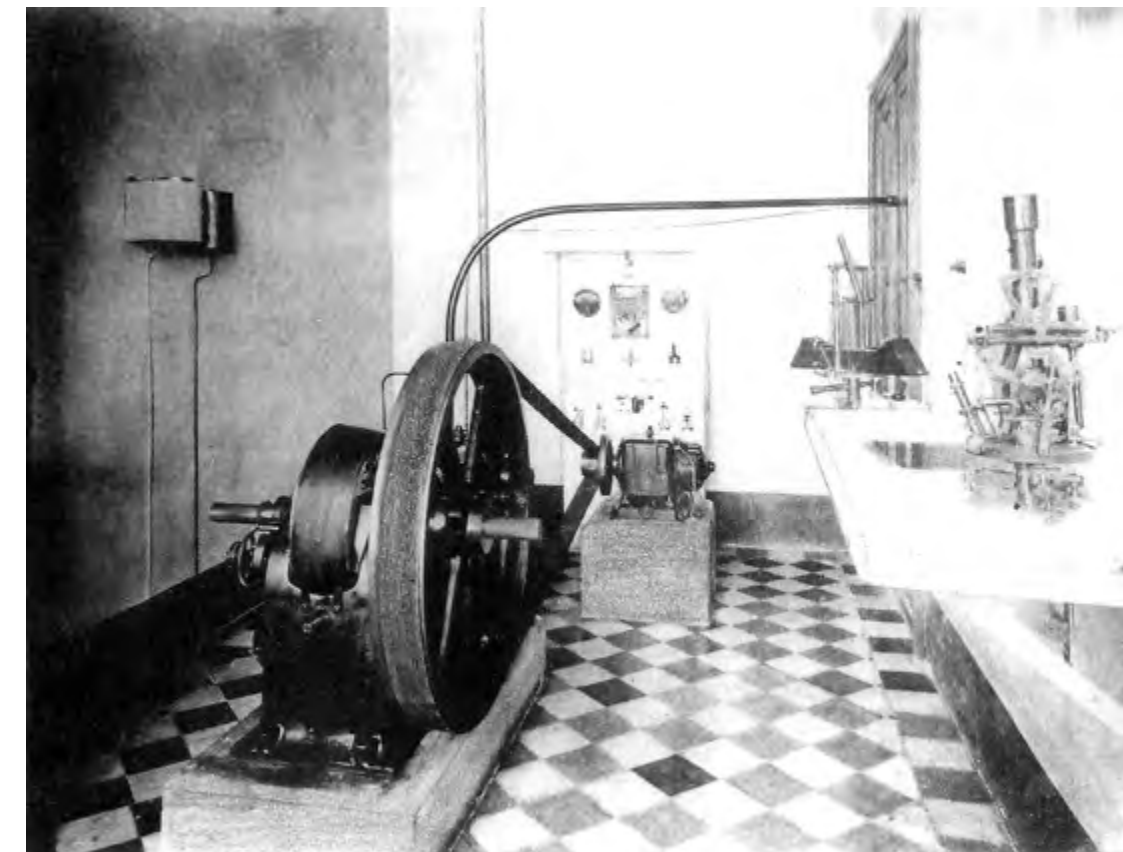


Figura 4.37: Planta generadora de electricidad, adquirida en 1906 para el Gabinete de Física del Colegio del Estado.

comisión estuvo integrada por los ingenieros Alfredo Rivadeneyra, Manuel Rojas, Manuel Robledo y el profesor Alfredo Márquez. El 20 de junio de 1918, el gobernador doctor Alfonso Cabrera decreta una nueva Ley de Instrucción Secundaria y Profesional. En ésta se habla de la carrera de ingeniero, pero sin indicar la especialidad; la cual se efectuaría en cinco años. Sin embargo, en el proyecto antes mencionado se especificaba claramente que el título sería de ingeniero civil. A partir de esa fecha es el nombre oficial de la carrera [72].

A pesar de la crisis por la que atraviesan los estudios técnicos en esa época, en febrero de 1920, durante la rectoría de don Francisco L. Casián, se inaugura en el tercer patio del Edificio Carolino la Estación Sismológica. Sus instalaciones siguieron prestando servicio hasta época reciente ([65], p. 77).

Finalmente, en 1924, siendo gobernador provisional del estado de Puebla el licenciado Vicente Lombardo Toledano, se decreta una serie de reformas a la Ley de Instrucción Secundaria y Profesional del 20 de junio de 1918. En el artículo 26 (Transitorios) se especifica que:

“Cuando los recursos del Estado lo permitan y haya alumnos suficientes para estudiar en toda forma la carrera de ingeniero, se introducirán en el plan de

estudios las modificaciones necesarias para ponerlo a la altura de la ciencia contemporánea” (30-VI-1924).

Es evidente que la escuela no se encontraba ya en su mejor momento. Un año antes estaba integrada por dos alumnos y tres maestros. Sin embargo, es interesante señalar que a pesar de lo desfavorable de la situación, entre 1921 y 1937, se reciben las siguientes personas:

Año	Nombre	Fecha de examen
1921	C. Oliver Ortiz	14 y 15 de marzo
1929	C. Rodolfo Peláez Encinas	30 y 31 de octubre
1936	C. Alfredo Lara	27 y 28 de mayo
1937	C. Arcadio Medel Marín	4 y 5 de febrero

La recuperación de la escuela debe entonces esperar hasta fines de la década de los treinta, iniciándose nuevamente su desarrollo y evolución; pero ahora en función de una sociedad que crece a un ritmo acelerado, tanto en población como en expectativas de ascenso social en todas las clases, producto de la transformación del régimen político y del gran salto hacia un nuevo tipo de modernidad; bastante distinto al que avizoraban los teóricos de épocas pasadas.



Figura 4.38: Estación sismológica en el tercer patio del edificio Carolino.

4.2. Facultad de Ingeniería. Segunda etapa

El 14 de abril de 1937 quedaba legalmente instituida la Universidad de Puebla y la solemne inauguración se efectuó el día 22 de mayo del mismo año. Se iniciaba entonces la segunda etapa en la vida de nuestra escuela. Ese mismo día, a las veintiuna horas, en el Salón de Actos, el rector licenciado Manuel L. Márquez tomaba protesta como primer Director Honorario de la Facultad de Ingeniería Civil al ingeniero Arcadio Medel Marín.

Al iniciarse esta segunda etapa de la escuela, la población estudiantil era prácticamente nula. En su calidad de catedrático de Geometría Descriptiva de la Escuela de Bachilleratos, el ingeniero Medel se encargó entonces de hacer propaganda a los estudios técnicos entre sus alumnos. La primera generación, inscrita en 1939, estuvo integrada por las siguientes personas: Joaquín Camacho Guerrero, Juan Sánchez Mendoza, Carlos Mc Farland Corona, Conrado Mc Farland Corona y Luis Rodríguez Sáliva.

Una de las primeras medidas tomadas fue la reorganización académica. Se adoptan entonces planes y programas de estudio similares a los que se cursaban en la Universidad Nacional de México y principia nuevamente el crecimiento y evolución de la facultad.

Por gestiones hechas ante las autoridades universitarias, la escuela quedó instalada en los salones del tercer patio del edificio Carolino, conocidos como “Las Catacumbas”. Para tal objeto se hicieron las adaptaciones necesarias, que estuvieron bajo la dirección técnica del ingeniero Medel y siempre a título gratuito.

Entre los catedráticos de aquella época, además del ingeniero Medel, podemos mencionar a los ingenieros Aarón Merino Fernández, Enrique Allende y Gómez, Luis Arrijoja Landa, Rodolfo Peláez Encinas, Guillermo Camargo y Felipe Spota Márquez.



Figura 4.39: Máquina moderna para el tendido de carpeta asfáltica.

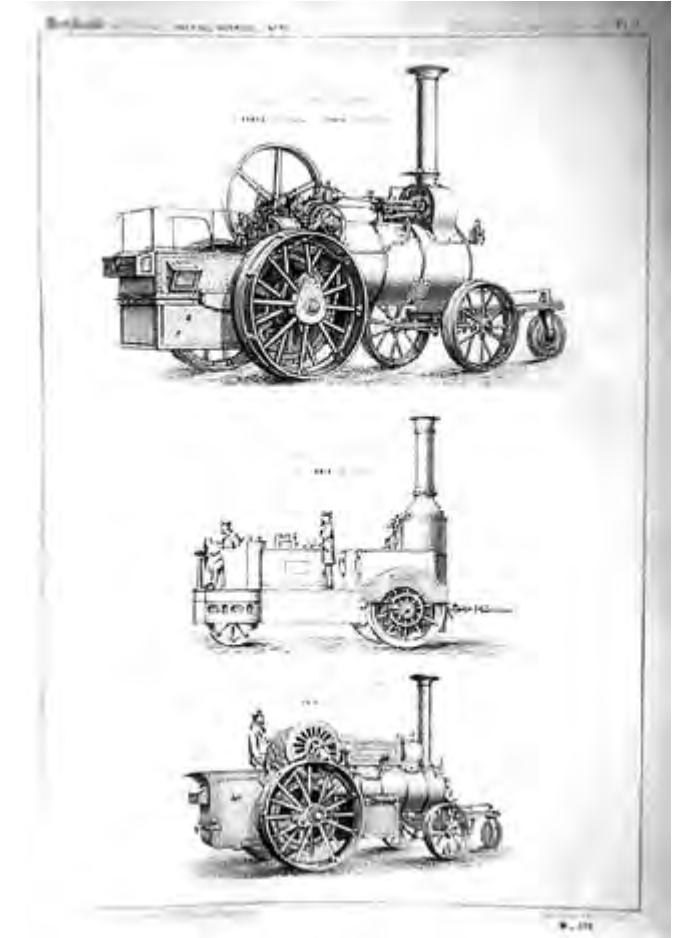


Figura 4.40: Maquinaria francesa para la construcción de carreteras (1868).



Figura 4.41: Construcción de la carretera México-Puebla en el año 1920. En aquel entonces el equipo con que se contaba era muy rudimentario. Nótese la rasadora (una simple viga) tirada por caballos.

Figura 4.42: Puerta de la Facultad de ingeniería en la década de 1940.



Figura 4.43: Acreditación del ingeniero Arcadio Medel Marín como primer director de la Facultad de Ingeniería en 1937.



Figura 4.44: Fotografía de un pasillo de la zona del colegio Carolino conocida como “Las Catacumbas”, en la década de 1950.



Figura 4.45: Alumnos de la Escuela de Ingeniería Civil (generación 1957-1961) en el Tercer Patio del Edificio Carolino. De izquierda a derecha, sentados: Rafael Vázquez García, Esteban Guevara Goyri; primera fila de pie: Enrique Rojas Olgúin, Eduardo Ayala Gaytán, Antonio de la Hoz Viñas, De la Cruz, Julio García Mol, Manuel Rendón Moredía; atrás: Celestino Cabo Villa, alumno venezolano, Roberto Martínez Guerra y Luis Luna Neve.

4.2.1. Creación de la Facultad de Ingeniería Química

En 1937, Puebla era una ciudad pequeña con 148 mil habitantes, pero que ocupaba un lugar relevante en la industria textil a escala nacional. Desde la época colonial se significó como uno de los centros más relevantes en la producción textilera del país, primero con la cría del gusano y el tejido de la seda; posteriormente, a causa de la importación de sedas orientales, esta actividad decayó y la producción de textiles de lana ocupó la vacante dejada por la seda. En el siglo XIX, la creciente producción de textiles de algodón desplazó a la producción lanera; pero desde su fundación hasta mediados del siglo XX, Puebla fue la primera ciudad textil de México [73].

Después de la Independencia, por iniciativa de Lucas Alamán, se creó el Banco de Avío para propiciar el desarrollo de la industria textil. Con ayuda de ese banco fue creada en Puebla, en el año de 1835, la fábrica La Constancia Mexicana, que está considerada como la primera fábrica de textiles movida hidráulicamente. La maquinaria, por supuesto, siempre fue importada, pese a que el fundador Esteban de Antuñaño y Lucas Alamán trataron de que se fabricara en México. El desarrollo tecnológico del país aunado a la situación política no lo permitieron.

En 1937, al transformarse el Colegio del Estado en Universidad de Puebla, la población estudiantil era de 619 alumnos distribuidos así:



Figura 4.46: Facultad de Ingeniería Química (junio 2015).

Cuadro 4.1: Población estudiantil en 1937.

Preparatoria	297
Facultad de Derecho	47
Facultad de Medicina	252
Facultad de Ciencias Químicas	20
Facultad de Ciencias Económico Administrativas	3
Total	619

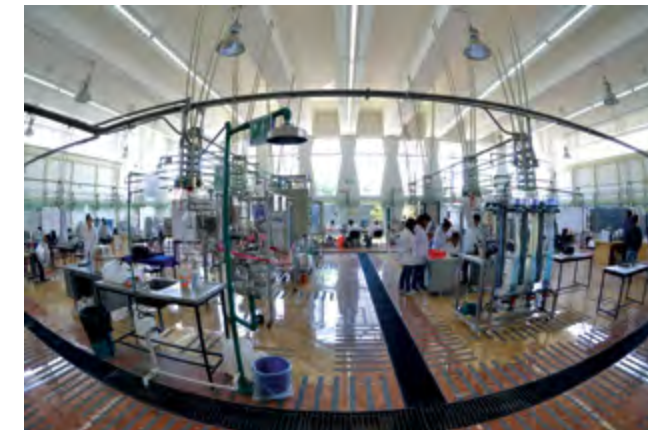


Figura 4.47: Laboratorio de operaciones unitarias.

Era claro que para el desarrollo de la ciudad de Puebla y del estado, la oferta educativa era muy limitada y hacían falta nuevas opciones en ciencia y tecnología. Hemos dicho que las cátedras de química se habían iniciado en 1862, pero era necesaria su modernización. La industria química después de la Primera Guerra Mundial había alcanzado un desarrollo impresionante, tanto en Europa —especialmente en Alemania— como en los Estados Unidos, y se había convertido en la industria central de la civilización moderna.

Al finalizar el siglo XIX, se advertía ya la necesidad de contar con un profesional que desarrollara las labores que hasta entonces habían correspondido a la labor conjunta del químico y del ingeniero mecánico o ingeniero mecánico electricista, es decir, el diseño y



Figura 4.48: Unidad de dos reactores biológicos.



Figura 4.49: Espectrofotómetro de absorción atómica.

operación de plantas químicas. Este profesional sería llamado Ingeniero químico. La idea fue acogida favorablemente en los Estados Unidos, no así en Europa, en donde sólo hasta después de la Segunda Guerra Mundial tuvo reconocimiento y aceptación.

Se cuenta que en el año de 1938, dos estudiantes visionarios: Constantino Solano Montiel, secretario de la Federación de Estudiantes de Preparatoria y Alfredo Lobato Velázquez, su colaborador, desearon de estudiar una nueva profesión y ante la carencia de recursos para cursarla en la ciudad de México, propusieron la apertura de la carrera de Ingeniería Química en la Universidad de Puebla. Para ello interesaron en la idea al ingeniero Arcadio Medel Marín, director de la Escuela de Ingeniería Civil.

Contando con el apoyo de la Facultad de Ciencias Químicas de la UNAM, donde recibieron asesoría, planes y programas de estudio se integró el proyecto, el cual fue presentado al rector Manuel L. Márquez; luego al Consejo Universitario y posteriormente al Congreso del Estado para su aprobación.

Puesto que no existía la carrera de Ingeniería Mecánica ni Eléctrica, hubo oposición de algunas personas que pensaban que los egresados no serían ni químicos ni ingenieros.

A pesar de esto, ese mismo año abrió sus puertas la nueva escuela, siendo el químico Álvaro Porta López el primer director, al mismo tiempo que dirigía la Facultad de Ciencias Químicas.

Al fundarse, en el año de 1938, la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad de Puebla, contaba al igual que la de Ingeniería Civil, con un número muy reducido de alumnos. Probablemente con el fin de aprovechar mejor la planta de profesores en las materias del tronco común, el ingeniero Medel propone, y es aprobada en memorable sesión del Consejo Universitario del día 27 de junio de 1939, la fusión de las dos facultades en una sola, bajo el nombre de Facultad de Ingeniería de la U. de P.

Como director de la Facultad de Ingeniería, el ingeniero Medel Marín duró en su cargo nueve años en forma ininterrumpida, es decir, desde 1937 hasta 1945. El día 5 de junio de ese año presentó su renuncia ante el C. Rector de la Universidad, doctor Roberto Larragoiti. El 27 del mismo mes es nombrado como segundo director el ingeniero químico Alfredo Lobato Velázquez. Durante su administración se observa ya un incremento sostenido en el número de alumnos. Para ese entonces se habían incorporado a la planta de catedráticos personas tan destacadas como el ingeniero y astrónomo Joaquín Ancona Albertos y los ingenieros militares españoles José Fernández Lerena y José Sánchez Rodríguez.

A continuación se presenta la relación de personas que sustentaron examen profesional para obtener el título de ingeniero civil, a partir de la fecha en que quedó constituida la Universidad de Puebla, hasta el año 1951.

Titulados	Fecha de examen
- Año de 1938 No hubo exámenes	
- Año de 1939 C. Antonio Rojí Villamur 5 y 6 de octubre C. Juan Matienzo Hevía 25 de octubre	
- Años de 1940 a 1944 No hubo exámenes	
- Año de 1945 C. Joaquín Camacho Guerrero 6 de noviembre	
- Año de 1946 C. Conrado Mac Farland Corona 14 de marzo C. Carlos Mac Farland Corona 15 de marzo	
- Año de 1947 No hubo exámenes	
- Año de 1948 C. Raúl González Rivero 12 de febrero	
- Año de 1949 C. Ramón Lozano Traslosheros 25 de octubre	
- Año de 1950 C. Agustín Aguilar Rodríguez 12 de marzo C. Sebastián Flores López 13 de marzo C. Sergio Zepeda Cornejo 31 de agosto C. Humberto Rojas Lions 1 de noviembre C. Héctor Figueroa Ortega 13 de noviembre	
- Año de 1951 C. Alfonso López Jiménez 15 de diciembre	
- Año de 1952 C. Óscar García Méndez 5 de agosto C. Francisco Castro Bernal 13 de octubre C. Jaime Luna Sánchez 23 de octubre C. José Luis Camacho Guerrero 25 de octubre C. Miguel Ángel Ferrari Priante 7 de noviembre	

Cuadro 4.2: Relación de personas tituladas de 1938 a 1952.



Figura 4.50: Ingeniero Joaquín Ancona Albertos impartiendo su cátedra de matemáticas en uno de los salones de “Las Catacumbas” en el año de 1958. Alumno Franco López.

Titulados

- Año de 1953

- C. Ernesto Cortez López
- C. Óscar López Páez
- C. Víctor Tapia Ortíz
- C. Armando Ramírez Sánchez
- C. Manuel Luna Ruiz
- C. Manuel Díaz González

Fecha de examen

- 9 de marzo
- 11 de septiembre
- 8 de octubre
- 9 de octubre
- 11 de noviembre
- 13 de noviembre

- Año de 1954

- C. Rafael Morales Ortega
- C. Carlos Mata Torres
- C. Amadeo Martínez Silva
- C. Alfonso Zayas Díaz

- Año de 1955

- C. Pedro Romano Montealegre
- C. Abel Vélez Palacios
- C. Miguel Márquez Moreno
- C. Alberto Buzali Cohen
- C. Víctor Ley Koo
- C. Alfredo Rivera Valverde
- C. Virgilio Beltrán López

Al terminar la gestión del ingeniero Lobato Velázquez, es nombrado como director de la Facultad el ingeniero Enrique Allende y Gómez (9-marzo-1947). Durante su administración se separan las Facultades de Ingeniería Civil y Química. No obstante, durante varios años los alumnos siguen recibiendo algunas clases en común. El ingeniero Allende desempeñó su cargo hasta el 6 de febrero de 1953.



Figura 4.51: Ingeniero Enrique Allende y Gómez.

Cuadro 4.3: Relación de personas tituladas de 1953 a 1955.



Figura 4.52: Ingeniero Alfredo Lobato Velázquez.

El 7 del mismo mes, durante el rectorado del doctor Gonzalo Bautista O´Fárril, es designado director el destacado catedrático de matemáticas ingeniero Joaquín Ancona Albertos. Es importante señalar que durante su gestión recibe instrucciones directas del rector para impulsar la creación de un Laboratorio de Ensaye de Materiales, el cual vendría a satisfacer una necesidad sentida desde mucho tiempo atrás y que contribuiría a mejorar la calidad de la enseñanza. Además, aprovechando sus buenas relaciones con personas influyentes, la rectoría había iniciado pláticas con las Asociaciones Mexicana y Regional de Caminos, tendientes al establecimiento de la carrera de Ingeniería de Caminos en la Universidad de Puebla. Esta carrera, junto con la de Arquitectura, quedó formalmente establecida en 1954.

En este punto vale la pena transcribir completa una nota del doctor Jesús Márquez Carrillo escrita para el libro *La lucha universitaria en Puebla* y cuyo autor es el doctor Manuel Lara y Parra.

Entre 1940 y 1960 la población de la ciudad de Puebla pasó de 138,491 a 289,049 habitantes y de 400 manzanas a 1,200. La industria de la construcción fue para una parte de la burguesía poblana, su mejor negocio. Las ganancias extraídas de la industria textil se canalizaron, además de la banca y el comercio, a la compra-venta de bienes raíces y a la fundación de compañías destinadas urbanizar y construir en los terrenos recientemente adquiridos. El número de sociedades puestas a este objeto creció de 34 en los años 40 a 55 en la siguiente década, y

la inversión global fluctuó de un poco más de 4 millones de pesos a una cantidad aproximada de 96. Al asumir el doctor Gonzalo Bautista la rectoría de la Universidad, los intereses del Grupo Puebla y su concepción de la enseñanza se fortalecieron. Se trataba de vincular los estudios a los requerimientos de la industria regional. Es en este marco de crecimiento urbano y necesario auge de sociedades constructoras como surge la Escuela de Arquitectura en 1954.

El 16 de julio de 1954, a indicación expresa del doctor Bautista O'Fárril, el ingeniero Ancona renuncia a la dirección de las Facultades de Ingeniería Civil y de Caminos y pasa a ocupar la de la Facultad de Ciencias Físico-Matemáticas, cargo que recientemente ocupaba el ingeniero Luis Rivera Terrazas.

El nombramiento de director de las Facultades de Ingeniería Civil y de Caminos recae entonces en la persona del ingeniero Sebastián Flores López, quien ocupa ese puesto hasta enero de 1957. Durante su administración, la Universidad solicita la colaboración del señor Rómulo O'Fárril, presidente de la Asociación Mexicana de Caminos, para iniciar las gestiones necesarias ante la Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas, tendientes a la instalación de un laboratorio para pruebas físicoquímicas en caminos, complementándolo con una sección de resistencia de materiales y mecánica de suelos.

Puesto que la Universidad se encontraba entonces en buena relación con la iniciativa privada, además

de lograrse todo lo anterior, fue invitado el profesor Emmet H. Karrer, especialista en ingeniería de caminos de la Ohio State University, para colaborar en la estructuración del plan de estudios de esta carrera. Otra persona que en aquel entonces impulsó con gran entusiasmo estos estudios fue el ingeniero Carlos M. Blanco y de Castro.

Al finalizar el periodo del ingeniero Flores López, durante el rectorado del doctor Manuel S. Santillana, es nombrado el ingeniero Sergio Zepeda Cornejo para sustituirlo (15-enero-1957). Durante su administración, tratando de aprovechar las buenas relaciones con la iniciativa privada, los ingenieros Arcadio Medel Marín y Francisco José Linares, presentan al nuevo rector licenciado Armando Guerra Fernández un proyecto para la creación de los Institutos de Ingeniería Civil y Física, el cual no llegó a cristalizar y, por otra parte, hacia el año 1960 era notorio que la carrera de ingeniería de caminos no había tenido la aceptación esperada y tendía a su desaparición.

Al estallar en 1961 el movimiento estudiantil y dividirse la comunidad universitaria en dos grandes bloques, la estructura académica y administrativa de la escuela se rompe. Con el fin de ayudar a resolver los problemas derivados de ese estado de cosas, queda encargado provisionalmente el ingeniero Francisco Melgarejo Nanni.

La situación no se regulariza sino hasta el 17 de mayo de 1962, cuando el presidente del Consejo de Gobierno

de la Universidad, licenciado Arturo Fernández Aguirre, nombra al ingeniero Felipe Spota Márquez como "Auxiliar del Consejo de Gobierno y Encargado de la Facultad de Ingeniería".

Al renunciar por motivos de salud el ingeniero Spota (22-junio-1962), el cargo pasa nuevamente a ser ocupado por el ingeniero Melgarejo Nanni, quien ocupa el puesto hasta el 1 de octubre, pasando entonces a manos del ingeniero Antonio Osorio García.

El 2 de mayo de 1963 hay un nuevo nombramiento. Es designado director provisional de la Facultad el ingeniero Enrique Allende y Gómez. Es entonces presidente del Consejo de Gobierno de la Universidad el doctor Alberto Guerrero Covarrubias.

Finalmente, el 5 de diciembre de 1963, durante el rectorado del doctor Manuel Lara y Parra, es nombrado director de Escuela de Ingeniería Civil el ingeniero Antonio Osorio García, persona que ocuparía ese puesto hasta el mes de enero de 1970. Dada la trayectoria profesional y universitaria del ingeniero Osorio García, formó parte de la Junta Administrativa de la UAP (1967-1971), junto con el director de la Escuela de Filosofía y Letras, maestro Joaquín Sánchez Mc Gregor; el director de la Escuela de Derecho y Ciencias Sociales, licenciado Amado Camarillo Sánchez y el director de la Escuela de Enfermería y Obstetricia doctor Rolando Revilla Ibarra.

El día 16 de mayo de 1963, la Universidad recibe un documento firmado por los ingenieros Desiderio F. Velázquez Castillo, Francisco Meneses e Ignacio Morales, del siguiente tenor:



Figura 4.53: Máquina Universal hidráulica RIEHLE del laboratorio de ensaye de materiales (1957).



Figura 4.54: Copia del pedido de la máquina universal a la casa Aramco Científico S.A., efectuada por los directores de la Facultad de Arquitectura e Ingeniería en 1957.

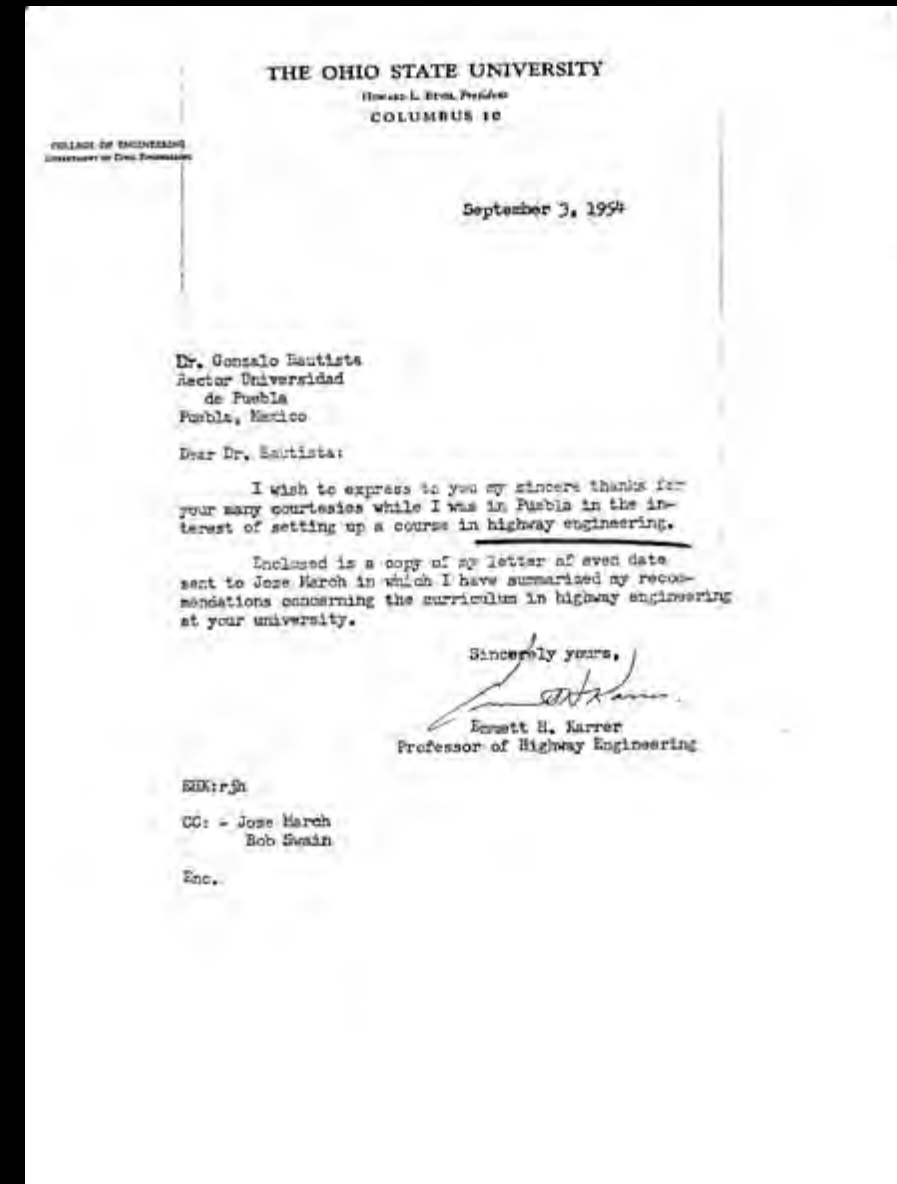


Figura 4.55: Carta de Ohio State University.

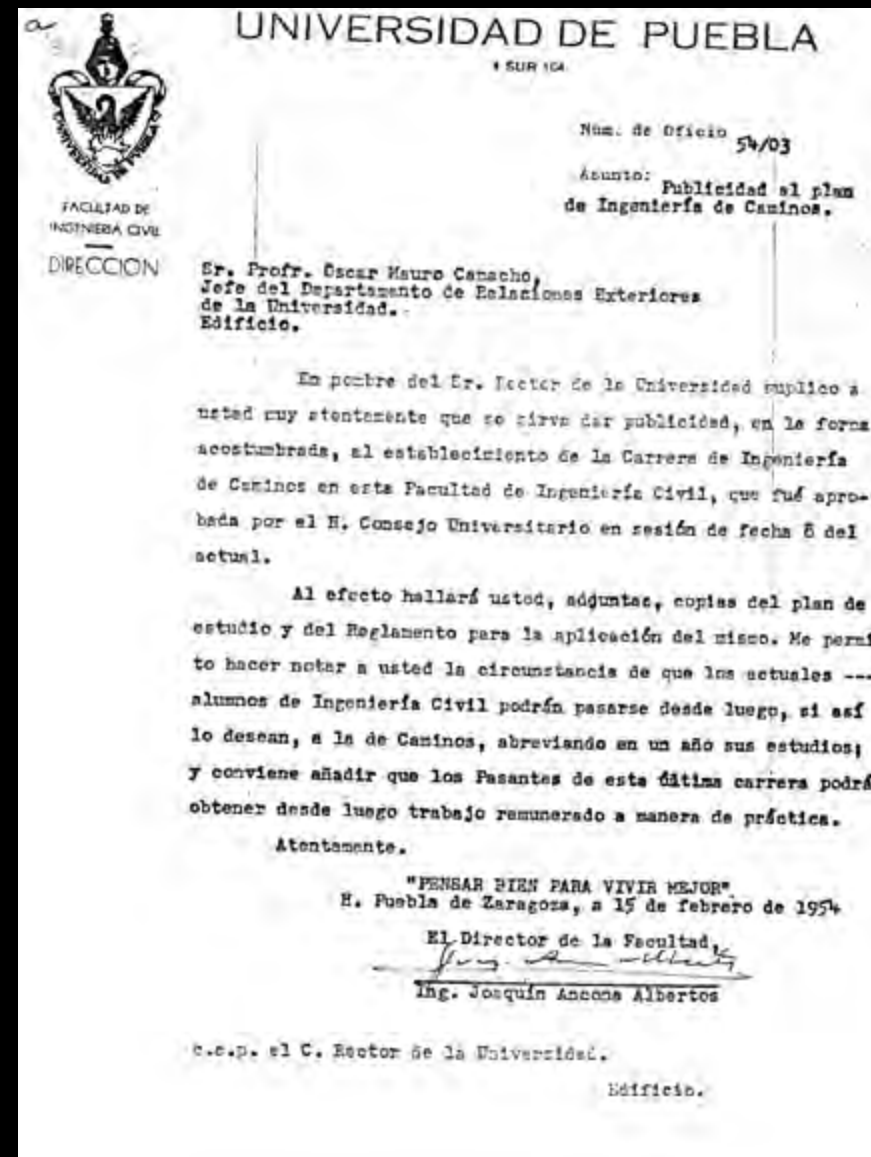


Figura 4.56: Solicitud del ingeniero Joaquín Ancona Albertos para dar publicidad a la carrera de ingeniería de caminos.



Figura 4.57: Ingeniero Carlos M. Blanco y de Castro.

Siendo la industria textil en Puebla la base de su economía, creemos que los centros de educación técnica que más urge crear deben estar relacionados con esa industria. Así lo han pensado y expresado varias personas de diferentes tendencias e ideas muy brillantes. Debido a lo anterior y conociendo el nuevo pensamiento de la Universidad Autónoma de Puebla, creemos que su autonomía le puede permitir llevar a la realidad el proyecto de crear la Facultad de Ingeniería Textil que tanta falta hace a nuestra entidad. Se anexaban, además, planes y programas de estudio.

Ignoramos si hubo alguna respuesta al documento en cuestión y cuál fue ésta, pero la carrera no se llegó a fundar. Por otra parte, consideramos que era indispensable establecer primero, como base, los estudios de ingeniería mecánica y eléctrica, como ya había sido propuesto desde fines del siglo XIX por el ingeniero don Benigno G. González y el químico y profesor don Alfredo Fenochio.

A fines de 1968, la Escuela pasa a ocupar los edificios construidos *ex profeso* en la recién terminada Ciudad Universitaria.

Al término de la gestión del ingeniero Osorio García, la H. Junta Administrativa de la Universidad nombra como director al ingeniero Miguel Ángel Pérez Peredo (13-enero-1970), y en sesión extraordinaria celebrada por el H. Consejo Universitario el 7 de enero de 1973, el ingeniero Pérez Peredo es ratificado en su cargo.

El crecimiento de la población estudiantil al iniciarse la década de los setenta, hizo que se pensara en ofrecer otra alternativa en los estudios de ingeniería.

ASUNTO: se propone la creación de dos
Institutos, el de Ingeniería
Civil y el de Física.

AL C. LIC. DON ARMANDO GUERRA HERRERA,
RECTOR DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA.

Los que suscriben, CONSEJEROS CAYBERIATOS
Proprietarios, de las respectivas Facultades de Ingeniería Civil y
de Ciencias Físico-Matemáticas, de esta Universidad a su digno
cargo, atenta y respetuosamente exponen:

Que con fundamento en el Artículo 21, Fra-
sismos I y III de la Ley Orgánica vigente, vianan por medio de es-
te escrito a proponer a la consideración del H. Consejo Univer-
sitario, por su apreciable conducto para la próxima Sesión Reglame-
ntaria del Consejo citada para el día 21 de los corrientes, la
creación de los dos Instituciones siguientes:

I.- INSTITUTO DE INGENIERIA CIVIL, y
II.- INSTITUTO DE FISICA,

correspondientes respectivamente a cada una de las Facultades pre-
citadas.

Que basan los suscritos su petición en los
considerandos que a continuación se expresan:

- 1º.- Que la calidad de una Universidad, está ligada no solo a la prepa-
ración de profesionales por medio de sus Facultades, sino también
a las proyecciones y realizaciones en trabajos de investigación -
pura y aplicada, por medio de Institutos, así como a los servi-
cios sociales que presten, derivados de sus posibilidades técnico
científicas.
- 2º.- Que los Institutos propuestos promoverán y afectuarán en sus res-
pectivos campos, la investigación fundamental y la difusión de
conocimientos teóricos y prácticos, estos últimos como investiga-
ción aplicada.
- 3º.- Que aparte de formular y desarrollar sus propios programas, -
podrán estudiar los proyectos que les sean presentados cuando
comprueben que son de interés general; entre otras situaciones, -
para elevar el nivel de vida y la potencialidad industrial.
- 4º.- Que se fomentará el trabajo en equipo, el intercambio y la coopera-
ción con los investigadores de otros Institutos.
- 5º.- Que existiendo en la actualidad con Laboratorios en la Universi-
dad, y de otros medios de trabajo en las respectivas Facultades,
se precisó y oportuno aprovecharlos en bien de la investigación
científico-científica que se proponen llevar a cabo los Institutos
establecidos.
- 6º.- Que el establecimiento de los Institutos que se proponen, permiti-
rá a los futuros profesionales el estudio y la investigación ori-
ginal como instrumento de formación intelectual y mejoramiento
del conocimiento; para desarrollar una crítica sana en su aplica-
ción.
- 7º.- Que mirando por el progreso cada vez ascendente de nuestra Univer-
sidad y como una colaboración personal con las altas Autoridades
de la misma, se han permitido formular el estudio que se presenta.

Figura 4.58: Proyecto para la creación de los Institutos de Ingeniería Civil y de Física, 18 de enero de 1960. Continúa en la figura 4.59.

Hoja Núm. 2.

ORGANIZACION Y FINANCIAMIENTO DE LOS INSTI-
TUTOS PROPUESTOS:

UNICO.- Cada uno de los Institutos especificados, comprenderá al para-
pal siguiente: 1 Director, 1 Subdirector y 2 investigadores -
ayudantes, con los sueldos establecidos para el personal aná-
logo de los Institutos que ya funcionan, según nómina, en la Uni-
versidad.

PROGRAMA INICIAL DEL INSTITUTO DE INGENIERIA CIVIL:

INGENIERIA MECANICA: estructura de comportamiento lineal.- Análi-
sis dinámico de edificios.- Esguamentos de las construcciones.

ESTRUCTURAS: ensayos de elementos estructurales.- Pandeo.- Tem-
pón diagonal.- Análisis de edificios.- Vibración forzada de edi-
ficios.- Carga viva en edificios.

MECANICA DE SUELOS: el subsuelo de las poblaciones del Estado.-
Diseño, construcción y comportamiento de estructuras de tierra.

ANALISIS EXPERIMENTAL DE ESPERIDOS: fotoelasticidad.- Teoría de
los modelos.- Modelos estáticos y modelos dinámicos.

PROGRAMA INICIAL DEL INSTITUTO DE FISICA:

ESPECTROSCOPIA: investigar y obtener espectrogramas de materia-
les básicos empleados en las Industrias de Puebla.

RADIOISOTOPIA: control y registro de impurezas en minerales.- Con-
taminaciones.

ELECTRONICA: construcción de demostradores de computadoras elec-
trónicas.- Análisis estadística.

ELECTRICIDAD: estudio de transitorios y vida de elementos con-
struidos en el País.

En mérito de lo expuesto, a Ud. Señor Rec-
tor de esta Casa de Estudios y a los Honorables Miembros del Con-
sejo Universitario, atentamente pedimos su apoyo y aprobación para
la creación de los dos nuevos Institutos: el de INGENIERIA CI-
VIL y el de FISICA, para que entren en funciones al iniciarse el
año escolar de 1960.

"SEMPER PARATI VIVIT SERVIRE".

En Puebla de los Ríos, a 18 de enero de 1960.




 C. Rafael María,

 Ing. Francisco José Jiménez.

Figura 4.59: Continuación de la figura 4.58.



Figura 4.60: (a) Ingeniero Sebastián Flores López. (b) Ingeniero Francisco Melgarejo Nanni. (c) Ingeniero Sergio Zepeda Cornejo. (d) Ingeniero Felipe Spota Márquez.

En tal virtud se estudia y aprueba en octubre de 1972 la creación (mejor sería decir reapertura) de la carrera de ingeniero topógrafo. Los cursos se iniciaron en 1973.

En el mes de febrero de 1977, durante el rectorado del ingeniero Luis Rivera Terrazas, es nombrado el ingeniero Héctor Gómez Calzada, director de las escuelas de Ingeniería Civil y Topográfica, en sustitución del ingeniero Pérez Peredo.

Durante la administración del ingeniero Gómez Calzada se celebró el Primer Congreso de la Escuelas de Ingeniería Civil y Topográfica de la UAP (marzo de 1981). En éste se presentaron muchas ponencias importantes, entre las cuales destacó una titulada “El Ingeniero Civil y la Agrohidráulica”. En ella se proponía la creación de la Escuela de Ingeniería Agrohidráulica. Su aprobación permitió el establecimiento de esta escuela en la ciudad de Teziutlán, Puebla, que desde principios de 1988 comenzó a funcionar bajo la acertada coordinación del ingeniero Amado Rivera Sierra.

Por otra parte, la aprobación de otro cuerpo de ponencias permitieron en buena medida la evolución y mejoramiento de la escuela. Las administraciones correspondientes al ingeniero Álvaro Sánchez Solís (julio de 1982–octubre de 1985) e ingeniero Raúl López Bretón (octubre de 1985–octubre de 1989), así lo demostraron.

Después de la caída del gobernador Antonio Nava Castillo, el Congreso del Estado de Puebla designó al ingeniero Aarón Merino Fernández, gobernador interino, el cual, aprovechando sus relaciones con el presidente Gustavo Díaz Ordaz, logró el apoyo federal para impulsar las actividades industrial y agropecuaria en



Figura 4.61: Ingenieros (a) Antonio Osorio García. (b) Miguel Ángel Pérez Peredo. (c) Héctor Gómez Calzada. (d) Álvaro Sánchez Solís.

la entidad. A partir de 1965, Nacional Financiera inició un proyecto de inversiones a gran escala en el estado y en particular en el corredor entre la capital del país y el puerto de Veracruz. Los gobiernos federal y estatal invirtieron alrededor de 1,500 millones de pesos en parques industriales y hubo acciones para promover la capacitación para el trabajo y la educación técnica, incluyendo la creación del Instituto Tecnológico Regional. Entre 1964 y 1973, más de 120 compañías industriales se establecieron en Puebla, la gran mayoría en sectores que hasta entonces habían tenido poco o nulo desarrollo. En unos cuantos años la diversificación fue impresionante: mientras que en 1960, 60% de la inversión bruta de la industria se destinaba al sector textil y 22.7% a la industria de alimentos, quince años después los porcentajes habían descendido a 19% y 12.4% respectivamente, mientras que la industria automotriz había pasado a ser la principal rama industrial, seguida de la de metales pesados. La planta Volkswagen abrió sus puertas en 1967 para producir automóviles para el mercado nacional e internacional. La fábrica de acero Hylsa también aprovechó los incentivos que ofrecía el gobierno del estado para su establecimiento en la entidad. Hubo también importantes inversiones en la industria química y en la producción de maquinaria pesada.

En 1973, los sectores que se habían sentido desplazados con el ascenso de la izquierda en la UAP, fundaron la Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla. En Cholula se había establecido la Universidad de las Américas, que contaba con el apoyo financiero de la Fundación Jenkins. La diversificación de las opciones de la educación superior consolidó a



Figura 4.62: (a) Ingeniero Raúl López Bretón. (b) Ingeniero Amado Rivera Sierra. (c) Ingeniero militar José Sánchez Rodríguez. (d) Ingeniero militar Marco Aurelio Barocio Lozano.

Figura 4.63: Ingeniero Alicia Mercedes Bonilla y Morales. Primera mujer titulada de ingeniero civil en la Universidad Autónoma de Puebla (22 de junio de 1974).

la ciudad de Puebla y sus alrededores desde los años 70 como un importante punto de atracción de estudiantes de otros estados de la República.

Curiosamente, a pesar de todos los avances de la UAP, los estudios de ingeniería que ofrecía la institución se reducían a las carreras tradicionales de ingeniería química, civil y topográfica, mientras el Instituto Tecnológico y otras universidades ofrecían opciones en mecánica, electricidad, mecatrónica, industrial, etc. En tal virtud, durante la administración del ingeniero Raúl López Bretón, algunos maestros estudiaron la conveniencia de retomar el proyecto presentado casi cien años antes por el químico Alfredo Fenochio e ingeniero Benigno González y fundar la carrera de ingeniería mecánica y eléctrica. A tal efecto, el ingeniero Bretón nombró una comisión integrada por los ingenieros Manuel Rendón Moredia, Antonio Macías Cervantes y Simón Silva Bautista, para recabar orientación y apoyo de instituciones que ofrecían esta carrera en la ciudad de México: se visitó el Instituto Politécnico Nacional, la Universidad Autónoma Metropolitana y la Universidad Nacional Autónoma de México, recibiendo el apoyo de todas, especialmente de la última, que facilitó planes y programas de estudio. Se contó con el apoyo incondicional del ingeniero Luis G. Cordero Borboa, jefe de la División de Ingeniería Mecánica y Eléctrica de la UNAM y del ingeniero Jacinto Viqueira Landa, coordinador de la carrera, persona que incluso vino a la facultad a impartir una conferencia magistral para impulsarla. Finalmente, durante el rectorado del licenciado en Economía, José Marún Doger Corte, y director de la escuela el ingeniero



Figura 4.64: De izquierda a derecha: Ingeniero Francisco Melgarejo Nanni, maestro Joaquín Sánchez Mc Gregor, licenciado Amado Camarillo Sánchez, e ingeniero Antonio Osorio García, durante un homenaje a los señores ingenieros Joaquín Ancona Albertos, Enrique Allende y Gómez, José Sánchez Rodríguez, José Fernández Lerena, Felipe Spota Márquez y Guillermo Camargo, a fines de la década de los sesenta. Nota: Las tres últimas personas se encuentran representadas por la señora de Fernández Lerena, el doctor Felipe Spota Iturbe y el señor Muñoz.



Figura 4.65: Inauguración de los Laboratorios de ensaye de materiales en Ciudad Universitaria a principios de la década de los setenta. Al frente, de izquierda a derecha, ingeniero Miguel Ángel Pérez Peredo, ingeniero José Sánchez Rodríguez, arquitecto Arnulfo Luna Arévalo e ingeniero Manuel Cano Mendieta.

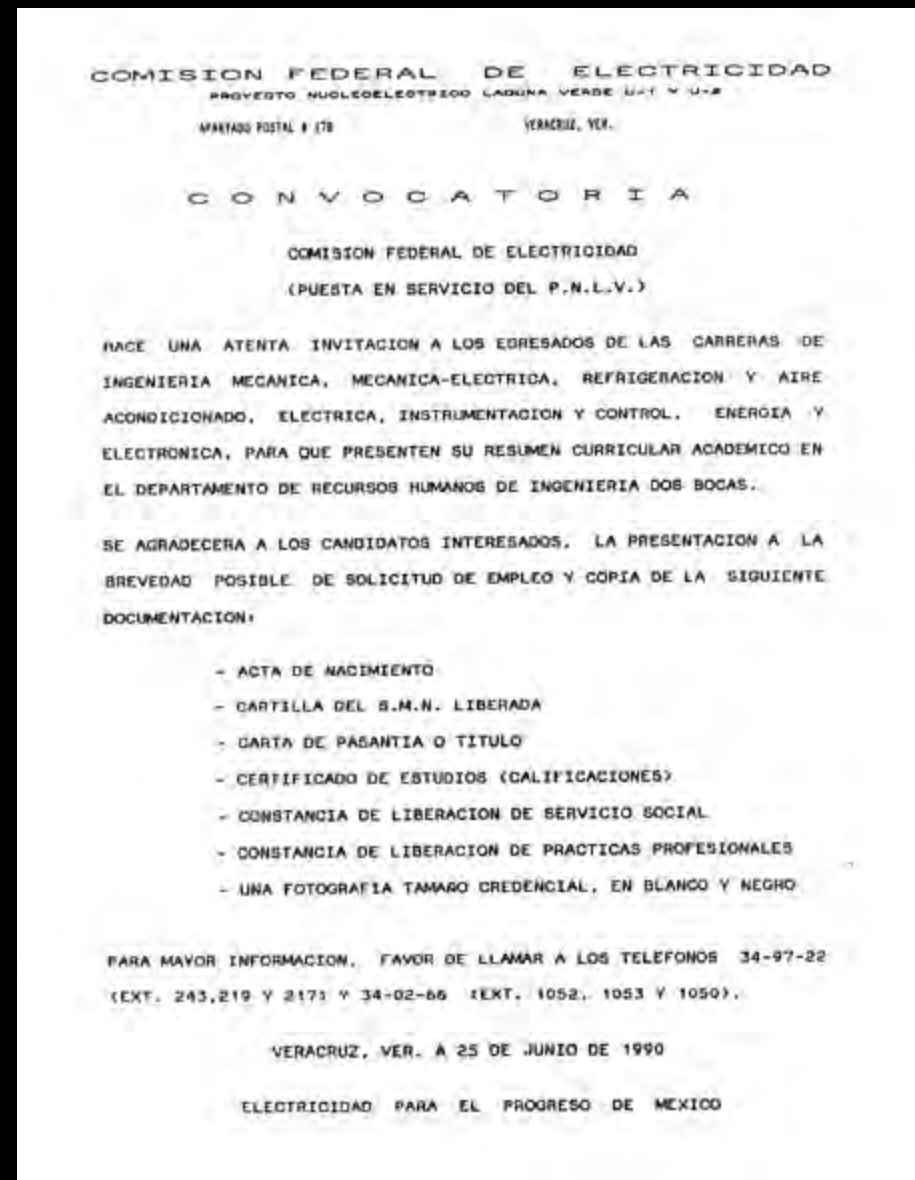


Figura 4.66: Convocatoria de la CFE.



Figura 4.67: Rector de la BUAP, Lic. José Marín Doger Corte.

Manuel Luna Ruiz, en sesión extraordinaria del H. Consejo Universitario efectuada el 2 de octubre de 1991, por mayoría de votos y quince abstenciones se aprobó crear la licenciatura en Ingeniería Mecánica y Eléctrica. Los cursos se iniciaron en otoño de 1992 y la escuela pasó a llamarse Escuela de Ingeniería Civil y Tecnológica.

Durante la administración del doctor Jorge Antonio Rodríguez Morgado se crea la maestría de Valuación, que fue la primera dentro de la Facultad de Ingeniería. El 29 de marzo de 1996 es nombrado director el maestro Nicolás Fueyo Mc Donald. Durante su gestión, en el otoño de 1997 se abren las carreras de ingeniería industrial e ingeniería textil y se ofrecen cuatro nuevas maestrías: construcción, estructuras, ambiental y geotecnia, las cuales empiezan a impartirse en 1998.

El 27 de mayo de 1998, por acuerdo del H. Consejo Universitario el nombre de esta unidad académica pasa a ser el de "Facultad de Ingeniería" y en el otoño del 2001 se inician los cursos de una nueva carrera: ingeniería geofísica; la más joven de todas.

Finalmente, mencionaremos que en el año 2004 la Facultad de Ingeniería de la BUAP pasó a ser dirigida por el maestro José Ignacio Morales Hernández, quien desde el inicio de su administración reafirmó su compromiso de gestión y construcción de nuevos espacios para la facultad, como son el edificio de posgrado y educación continua y nuevos laboratorios.

En las figuras 4.71 y 4.72 se muestran las fotografías de los últimos directores de la Facultad de Ingeniería.



Figura 4.68: Oficio de Rectoría a los encargados del proyecto para la creación de la carrera de ingeniería mecánica y eléctrica, acusando recibo de documentos pertinentes. El documento presenta un error; se debió indicar que se trataba de la carrera de ingeniería mecánica y eléctrica y no mecánica y electrónica.



Figura 4.69: Ingeniero Jacinto Viqueira Landa dictando su conferencia magistral en el auditorio Antonio Osorio García de la Escuela de Ingeniería. A su izquierda el ingeniero Simón Silva Bautista.



Figura 4.70: (a) Interior del auditorio y (b) Vestíbulo de la escuela durante la conferencia del ingeniero Víqueira.



Figura 4.71: De izquierda a derecha ingeniero Manuel Rendón Moredia, doctor Jorge Antonio Rodríguez Morgado, maestro Antonio Macías Cervantes.

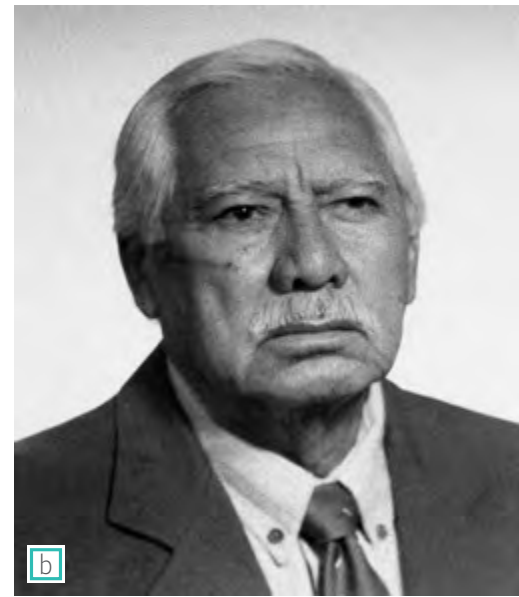


Figura 4.72: (a) Helmut Lau Nader (Interino, noviembre 1989–marzo 1990), (b) Manuel Luna Ruiz (marzo 1990–abril 1992), (c) doctor Jorge Antonio Rodríguez Morgado (abril 1992–marzo 1996), (d) maestro Nicolás Fueyo McDonald (Marzo 1996–Febrero 2004).

Figura 4.73: (e) Ingeniero Ángel Cecilio Guerrero Zamora (febrero 2004–marzo 2004), (f) maestro José Ciro Ignacio Morales Hernández (marzo 2004–2012).

4.3. Nota sobre la Facultad de Ciencias Físico Matemáticas

Después de haber pasado por una etapa de relativa bonanza durante el porfiriato, el Colegio del Estado pasó por épocas verdaderamente críticas desde el año de 1915, y durante cerca de treinta años, pues meses y aún años transcurrieron en que a los catedráticos no se les pagaron sus siempre modestas retribuciones económicas, pero el Colegio del Estado no cerró sus puertas. Durante esas décadas, no obstante la grave crisis por la que atravesaba nuestro país y por ende nuestro estado, estuvieron al frente de los destinos del colegio directores de alto prestigio cultural y cuya conducta ante la sociedad poblana fue irreprochable; entre ellos son dignos de mención el licenciado don Felipe T. Contreras, el doctor don Francisco L. Casián, el doctor don Manuel Vergara y el doctor don Rafael Serrano [74].

Atendiendo a lo antes mencionado, era difícil que los grandes avances técnicos y científicos de las primeras décadas del siglo XX fueran conocidos y asimilados por el personal docente de aquel entonces, especialmente la gran revolución en los conceptos físicos como la Teoría de la Relatividad y la Mecánica Cuántica.

Ante esta doble situación, tanto externa como interna a la propia universidad, fue como un pequeño pero entusiasta grupo, a cuyo frente se encontraba el licenciado Horacio Labastida Muñoz, rector por aquel entonces de la Universidad de Puebla, decidió darse a la tarea de crear una Escuela de Ciencias, a pesar de todas las carencias y dificultades que se advertían. Entre las personas más destacadas del grupo, podemos mencionar a los señores ingenieros Luis Rivera Terrazas y Joaquín Ancona Albertos.

Hubo voces en contra de este proyecto, que gozaban no sólo de prestigio nacional sino también internacional, que aconsejaban desistir del empeño, señalando que aún carecíamos de la madurez suficiente para la realización de esta empresa. A pesar de todo, en la sesión ordinaria del H. Consejo Universitario del día 8 de febrero de 1950 se aprobó la creación de la Escuela de Ciencias Físico Matemáticas, cuyos objetivos centrales serían [75]:

- a. La preparación de un magisterio más apto para la enseñanza de las matemáticas y la física moderna.
- b. La formación de futuros investigadores dedicados al desarrollo de las ciencias básicas.

La población escolar inicial fue muy pequeña; no rebasó la media docena de estudiantes, la totalidad de los cuales eran, a su vez, alumnos de las carreras de ingeniería civil e ingeniería química. Algunos lograron terminar ambas carreras.

Sin embargo, debemos hacer notar que, a pesar de la importancia de la escuela y de haber llegado a tener una de las mejores plantas de catedráticos del país, durante muchos años tuvo que sortear grandes dificultades, al grado de llegar prácticamente a su extinción en 1966. Afortunadamente la escuela se reabre en 1968, siendo ahora su director el ingeniero Luis Rivera Terrazas. A partir de entonces la situación cambia radicalmente, llegando la escuela a ser lo que es hoy: una de las más importantes del país.



Figura 4.74: Facultad de Ingeniería en el 2015.

Etapa Actual

En marzo de 2012 toma protesta como director de la Facultad de Ingeniería de la BUAP el M.I. Edgar Iram Villagrán Arroyo. En ese mismo año se da inicio a la opción terminal de la maestría en Ingeniería Mecánica y Eléctrica, titulada Sistemas Eléctricos de Potencia, abriéndose así una importante etapa en el desarrollo de esta disciplina. En 2013 comienza el rectorado sustituto a cargo del maestro José Alfonso Esparza Ortiz, quien desde el primer momento mostró gran entusiasmo por los proyectos de la Facultad de Ingeniería; a la vez que hizo partícipes a profesores de la misma sobre proyectos institucionales en los que se han denominado sinergias.

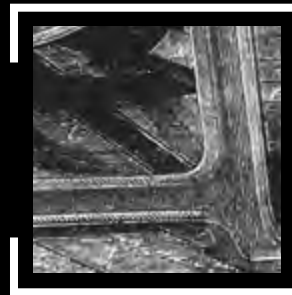
Ya como Rector electo de la BUAP, el maestro Esparza, en congruencia con su pensamiento sobre la enorme importancia que tiene para el desarrollo de nuestro país la educación, la ciencia y la tecnología, mostró especial interés en mejorar la infraestructura de la Facultad de Ingeniería. El crecimiento de dicha Facultad hacía necesaria la creación de nuevos espacios que permitieran mejorar sus instalaciones y mobiliario. El maestro Esparza aprobó entonces con gran entusiasmo la construcción de un nuevo edificio de aulas y cubículos con una superficie de 1,700 metros cuadrados y elevador; edificio que proporcionará espacios óptimos y dignos para la educación de calidad.



Figura 4.75: El C. Rector de la BUAP, Maestro José Alfonso Esparza Ortiz y el C. Director de la Facultad de Ingeniería, M. I. Edgar Iram Villagrán Arroyo, con un grupo de alumnos de la Facultad de Ingeniería, durante la inauguración de las modernas instalaciones de la misma (junio 2015).

5

CAPÍTULO
GABINETES DE
FÍSICA Y
QUÍMICA



En el curso de sus investigaciones sobre el mundo que lo rodea, el hombre ha ideado una gran diversidad de instrumentos científicos. Dos de los más importantes —el microscopio y el telescopio— han extendido miles de veces el mundo visible. Otros han permitido el estudio del calor, el sonido, la luz y la electricidad. Los artesanos del Renacimiento establecieron un elevado criterio de belleza y exactitud en la manufactura de instrumentos, pero al hacerse la ciencia más compleja, el desarrollo de ideas e instrumentos se trasladó a los laboratorios.

Durante el Renacimiento los instrumentos se fabricaban por encargo para unos pocos adinerados interesados en la ciencia. Una nueva clase de fabricantes prosperó y sus tiendas se convirtieron en centro de conversaciones científicas. En el siglo XVIII empezaron a utilizarse máquinas para la fabricación de instrumentos y aparatos científicos. Los instrumentos hechos a máquina resultaban más baratos y más exactos que sus equivalentes hechos a mano y cubrieron las necesidades de un creciente número de aficionados que seguían la moda científica. Jesse Ramsdem fue uno de los nuevos artesanos del siglo XVIII que hizo instrumentos en serie, en vez de encargo. Su máquina sustituyó las líneas grabadas a mano por otras espaciadas con precisión matemática. Al promediar el siglo XIX surgen las grandes compañías fabricantes de instrumentos científicos y para

la enseñanza, como Leybold y Max Kohl en Alemania, Radiguet & Massiot y P. C. Gerboz en Francia y Negretti & Zambra en Inglaterra.

Los orígenes del laboratorio de química moderno se remontan al del alquimista medieval, que ideó técnicas e instrumentos especiales en su intento de transmutación de metales comunes en oro. Al aumentar el interés por el mundo físico, durante los siglos XVI y XVII, los instrumentos y las técnicas de los alquimistas se fueron utilizando cada vez más para la investigación de las propiedades fundamentales de la materia, y los químicos y físicos comenzaron a trabajar juntos a fin de compartir ideas e instrumentos.

Antoine Laurent Lavoisier (1743–1794) en su *Tra-tado Elemental de Química* aparecido en 1789 sentó las bases de la química moderna, despertando enorme interés en el campo científico. La nueva ciencia quedaba ahora estrechamente ligada con la física, atrayendo algunas de las mentes más inteligentes de la época, lo cual ayudó a que Francia se asegurara una posición predominante en el mundo científico durante medio siglo. El interés por la química se reflejó en la industria, y ésta a la vez suministró nuevas sustancias y nuevos problemas a la ciencia, surgiendo así los estudios como los de fisicoquímica y electroquímica. Para efectuar dichos estudios se desarrolló un impresionante instrumental de laboratorio desde mediados del siglo XIX hasta la primera década del siglo XX; pero era claro que para la



Figura 5.1: La moda de los instrumentos científicos. En este grabado del siglo XVIII unos ingleses distinguidos miran por el lado opuesto de unos telescopios, y examinan una esfera armillar con una lente de aumento. Gracias al abaratamiento de muchos instrumentos se extendió el interés por la ciencia. Grabado tomado de [50].

enseñanza de la química y la física era conveniente tener gabinetes separados.

Conviene señalar ahora que, al finalizar el siglo XIX, la mayor parte de los hombres de ciencia estaban convencidos de que habían aprendido casi todo de lo que se necesitaba saber acerca del mundo físico: las leyes del movimiento de Newton y su teoría de la gravitación universal. El trabajo teórico de Maxwell sobre la unificación de la electricidad y el magnetismo; así como las Leyes de la Termodinámica y la Teoría cinética de los gases. Quedaban, por supuesto, algunas incógnitas por resolver, pero el sentir general era que éstas podían ser resueltas usando los principios físicos ya conocidos. Sin embargo, las cosas no resultaron tan sencillas y las incógnitas sólo pudieron ser resueltas con la introducción, al iniciarse el siglo XX, de dos conceptos revolucionarios que cambiaron completamente nuestra concepción de la naturaleza: la Teoría de la Relatividad y la Teoría Cuántica. En unas cuantas décadas esos dos conceptos inspiraron nuevos desarrollos y nuevas teorías en los campos de la física atómica, la física nuclear, la física del estado sólido y la cosmología.

Ahora bien, el desarrollo de la física atómica primitiva fue tan rápido, que se hizo tradicional en los centros de investigación que los jóvenes físicos se fabricasen sus propios instrumentos —a veces, según se decía, con cordel y lacre, plastilina y cajas de galletas—. Era claro que las grandes compañías fabricantes de instrumentos científicos no podían construir lo que desconocían.

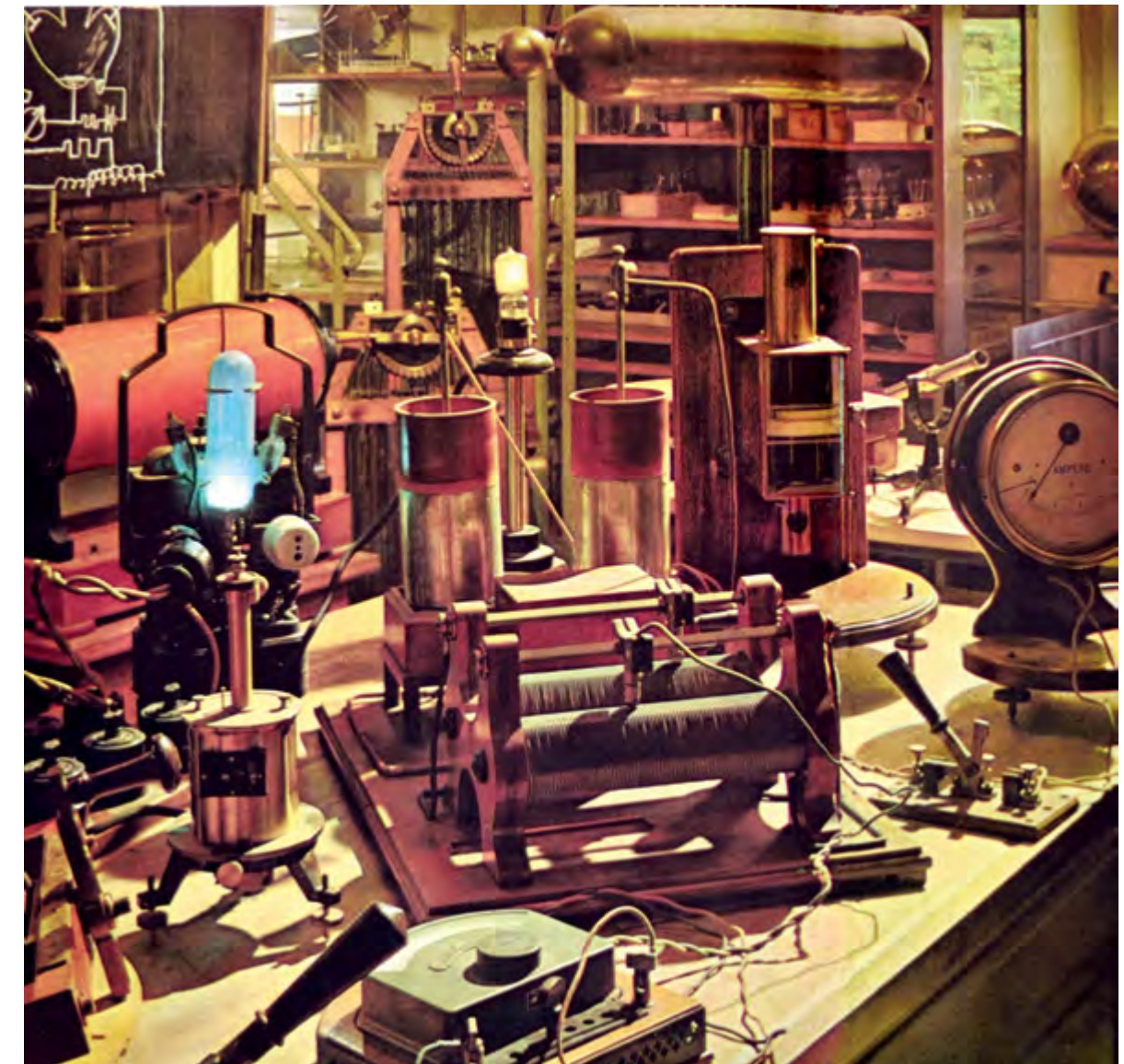


Figura 5.2: Gabinete de Física del doctor Albert Einstein en la Escuela Politécnica de Zúrich. Tomado de [51].



Figura 5.3: La mayor parte de los grandes momentos de la física atómica primitiva ocurrieron en el laboratorio Cavendish fundado en 1871 en la Universidad de Cambridge, donde fueron descubiertos en un ambiente de ideas y aparatos de fabricación casera el electrón, el núcleo atómico y el neutrón.

5.1 El gabinete de Física del Colegio del Estado

Durante la segunda mitad del siglo XIX el desarrollo tecnológico se aceleró vertiginosamente debido a la aplicación práctica de los principios científicos descubiertos los siglos anteriores. El progreso experimentado en el ámbito de la física fue verdaderamente asombroso. Luz y energía eléctrica serán, en el último cuarto del siglo XIX, el relevo en proporción e importancia como avance tecnológico y aplicación práctica a la era del vapor. El acontecimiento científico del momento es el enorme potencial de las aplicaciones de la electricidad. Sus posibilidades revolucionarias fueron incalculables.

En el campo general de la física tendremos elaborados los principios sobre las ondas electromagnéticas, el descubrimiento de los rayos X, la radiactividad y el modelo del átomo. La Mecánica Cuántica y la Teoría de la Relatividad estaban por nacer.

En el periodo comprendido entre el último cuarto del siglo XIX y la primera década del XX, el Colegio del Estado de Puebla vive momentos felices y avanza en todas las áreas del conocimiento. Se impulsan los estudios de física, química y biología y se crean los gabinetes de estas especialidades.

En 1870 se fundó el primer Gabinete de Física con que contó el plantel y sería largo entrar en detalles sobre su evolución, pero debemos hacer notar que hacia 1910 el Colegio del Estado llegó a tener, quizá, el mejor Gabinete de Física de la República.

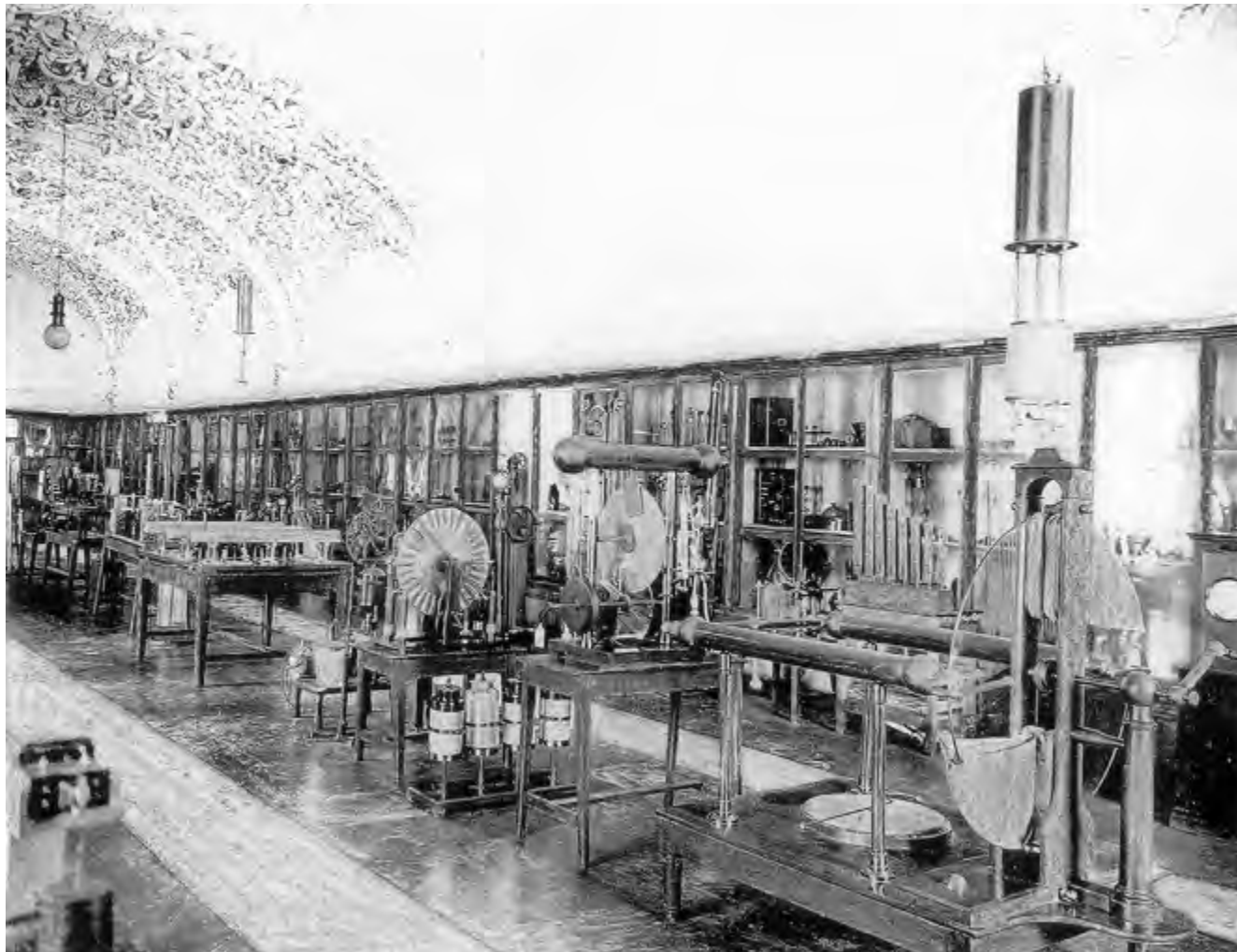


Figura 5.4: Gabinete de Física del Colegio del Estado de Puebla en el Salón Barroco.

Durante el porfiriato se logró revertir el desprestigio que tenía nuestro país en el resto del mundo, desprestigio ganado a “pulso” a partir de la Independencia y después de muchas décadas de luchas, guerras civiles e intervenciones extranjeras, que habían dejado al país destrozado, retrasado y al borde de la bancarrota. Observadores externos admiraban al hombre de acción, tenaz, práctico y de voluntad fuerte, que supo hacer en relativamente poco tiempo un cambio total en la República.

Independientemente de los errores de Porfirio Díaz en el aspecto social, señalados por los historiadores, debemos mencionar el apoyo que brindó a la ciencia y a la tecnología en la ciudad de Puebla.

Al finalizar el año de 1879, la Secretaría de Fomento del Estado de Puebla recibió una invitación expresa del presidente para participar en la Exposición Internacional de productos agrícolas, industriales, científicos y artísticos que se iniciaría el 15 de enero de 1880 en la ciudad de México y que tendría una duración de tres meses. Se trataba de impulsar el desarrollo social, industrial y comercial, para mejorar la situación económica del país.

Por otra parte, el gobierno federal proporcionó los medios e infraestructura necesaria para invitar y reunir a hombres inteligentes y emprendedores de algunas naciones europeas y americanas con el objetivo de que concurrieran a México y disiparan sus

dudas al respecto de que esta nación había dejado atrás sus guerras civiles para convertirse en un país progresista (ver [76], p. 87).

En el estado de Puebla, los gobernadores de las décadas de 1880–1910, generales Juan Crisóstomo Bonilla, Rosendo Márquez y Mucio P. Martínez, funcionarios y militantes en el gabinete de Porfirio Díaz, se encargaron de cumplir fielmente su política de estabilidad social y libertad comercial, la cual generó progreso económico en el estado.

Puebla también se hizo partícipe de las reformas educativas que en esa época se llevaban a cabo a nivel nacional. Al licenciado Rafael Isunza, quien se desempeñaba como secretario de Fomento e Instrucción Pública, se le envió a recorrer varios países de Europa, con el fin de conocer la organización de sus establecimientos de enseñanza y adquirir la experiencia pedagógica que se pudiera aplicar en nuestras escuelas.

Desde que tomó posesión de su cargo como gobernador del estado, el 1 de febrero de 1893, el general Mucio P. Martínez, su “primer cuidado —según su

propio decir— (fue) organizar la instrucción pública, cambiando radicalmente el sistema de enseñanza por otro que fuese más adaptable a las modificaciones del medio social en que vivimos”.

Basta con revisar los informes que el licenciado Rafael Isunza, presidente del Colegio del Estado (1894–1910), le envió al gobernador para confirmar que el jefe del Ejecutivo, en efecto, no escatimó recursos para dotar de todos los aparatos e instrumentos modernos, tanto al Observatorio Meteorológico como a los gabinetes de física, química, historia natural, y bacteriología, dando todas las facilidades a los encargados de dichos gabinetes para la importación de los mejores equipos europeos, los cuales se consideraban en esa época, de calidad muy superior a los estadounidenses. En este punto, cabe señalar que posiblemente ya se había revertido la indiferencia con la que Europa había visto a nuestro país, y ya era considerado digno de crédito. [67].

Así las cosas, al finalizar el siglo XIX empezaron a llegar representantes de la industria, el comercio y

casas fabricantes de aparatos científicos. Los gabinetes antes mencionados pudieron entonces adquirir lo mejor y más avanzado de los instrumentos fabricados en Europa. En particular, al gabinete de física mejoró y modernizó su instrumental para la enseñanza e investigación en todas las ramas de la física clásica: mecánica, calor y termodinámica, acústica, óptica y magnetismo y electricidad. Cabe mencionar que en aquellos momentos, gracias al estudio de las descargas eléctricas en tubos en los que se efectuaba el vacío, Wilhelm Conrad Röntgen había descubierto los rayos X. Los mismos experimentos darían lugar posteriormente al desarrollo de la física atómica. El Gabinete de Física del Colegio del Estado contaba entonces con todo lo necesario para la investigación en ese campo. Se contaba también con equipo para radiotelegrafía e investigación en bajas temperaturas (licuefacción de gases).

El vínculo entre la educación formal, técnica y científica por un lado y el progreso industrial por el otro, comenzaba a ser evidente. Sin embargo, los

resultados obtenidos no correspondieron a los enormes esfuerzos y gastos realizados, pues a pesar de la fascinación que causaba la ciencia y la técnica, la población se interesaba más por los estudios artísticos y humanistas, amén de las pocas oportunidades de empleo para los pocos jóvenes que efectuaban estudios técnicos.

Desafortunadamente, a partir de la segunda década del siglo XX, la situación general del país y del estado cambió radicalmente debido a la Revolución Mexicana, y no es, sino hasta hace pocas décadas, que la actual BUAP reanuda su rápido desarrollo.

De la época brillante de los gabinetes mencionados quedan pocos restos y aparatos, los cuales se guardan celosamente en el Museo Universitario.

En particular, el rescate, arreglo y digna exhibición de los aparatos de Física, Meteorología y Ciencias de la Tierra se debe al esfuerzo e interés de las personas que han estado encargadas del museo; en la actualidad debe reconocerse la excelente labor de su directora: licenciada Ma. Elsa Guadalupe Hernández y Martínez.

6

CAPÍTULO
FOTOGRAFÍAS DE
LA FACULTAD
DE INGENIERÍA



Las fotografías de los talleres y laboratorios de la actual Facultad de Ingeniería fueron tomadas en el año de 2012 por los autores.



Figura 6.1: Facultad de Ingeniería.



Figura 6.2: Taller y Laboratorio de Ingeniería Mecánica.

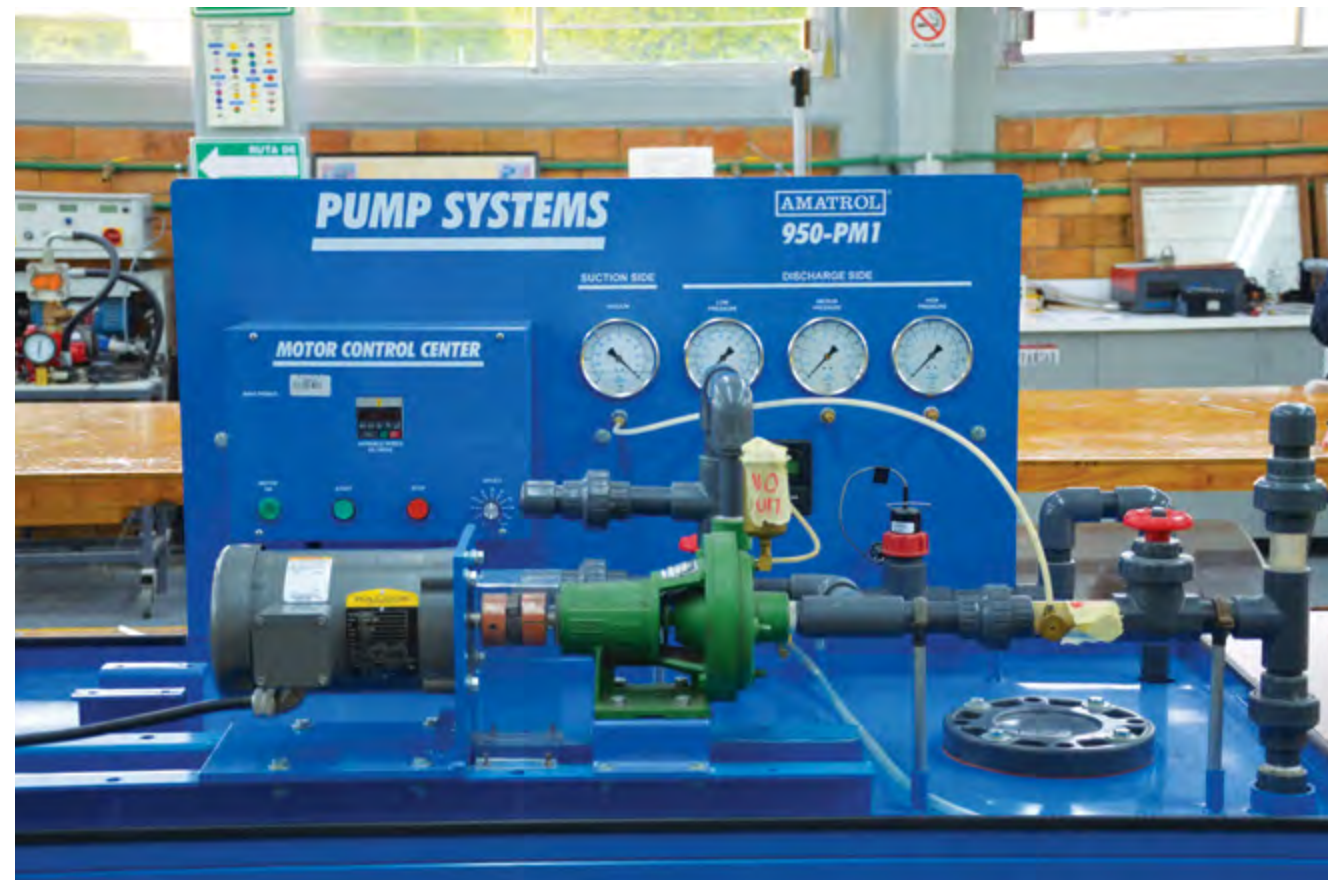


Figura 6.3: Equipo para el estudio de los sistemas de bombeo.



Figura 6.4: Laboratorio de Ingeniería Eléctrica.



Figura 6.5: Equipo de laboratorio de Ingeniería Eléctrica.



Figura 6.6: Laboratorio de ensaye de materiales de Ingeniería Civil. Marco de carga.



Figura 6.7: Laboratorio de Hidrodinámica.



Figura 6.8: Equipo de Hidráulica.



Figura 6.9: Laboratorio de Ingeniería Sanitaria.



Figura 6.10: Laboratorio de Ingeniería Industrial.



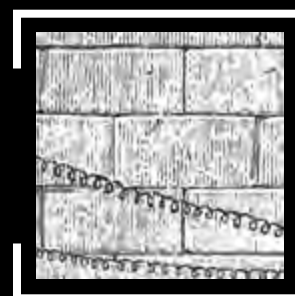
Figura 6.11: Moderno telar de la Escuela de Ingeniería Textil.



Figura 6.12: Equipo de Laboratorio de Acabados Textiles.

7

CAPÍTULO
APARATOS
DEL MUSEO



Breve descripción de algunos aparatos conservados actualmente en el Museo Universitario Casa de los Muñecos.

Los grabados que aparecen junto a las fotografías de los aparatos de física de la colección, así como la descripción de su aplicación, pueden encontrarse en los libros de la colección científica de la biblioteca Lafragua. Esta colección hoy día es una auténtica joya.

Otros de los elementos importantes que ayudaron al desarrollo de este trabajo fueron los catálogos de instrumentos científicos de las casas fabricantes, como Max Kolh y Leybold de Alemania. Otras de las piezas del museo ostentan las marcas Radiguet et Massiot, y P. C. Gerboz de Francia, así como Negretti and Zambra en Inglaterra.



Figura 7.1: Galería de aparatos de física del Museo Universitario.

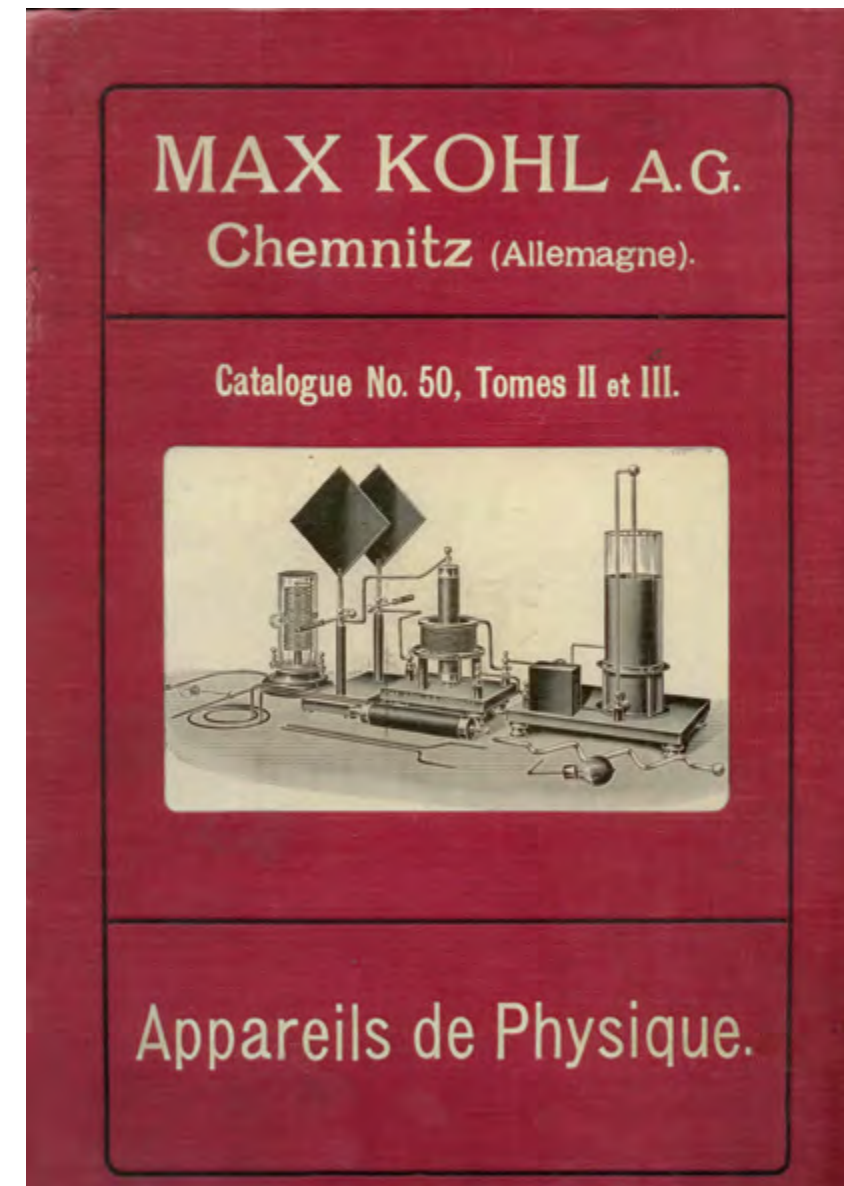


Figura 7.2: Catálogo Max Kohl.

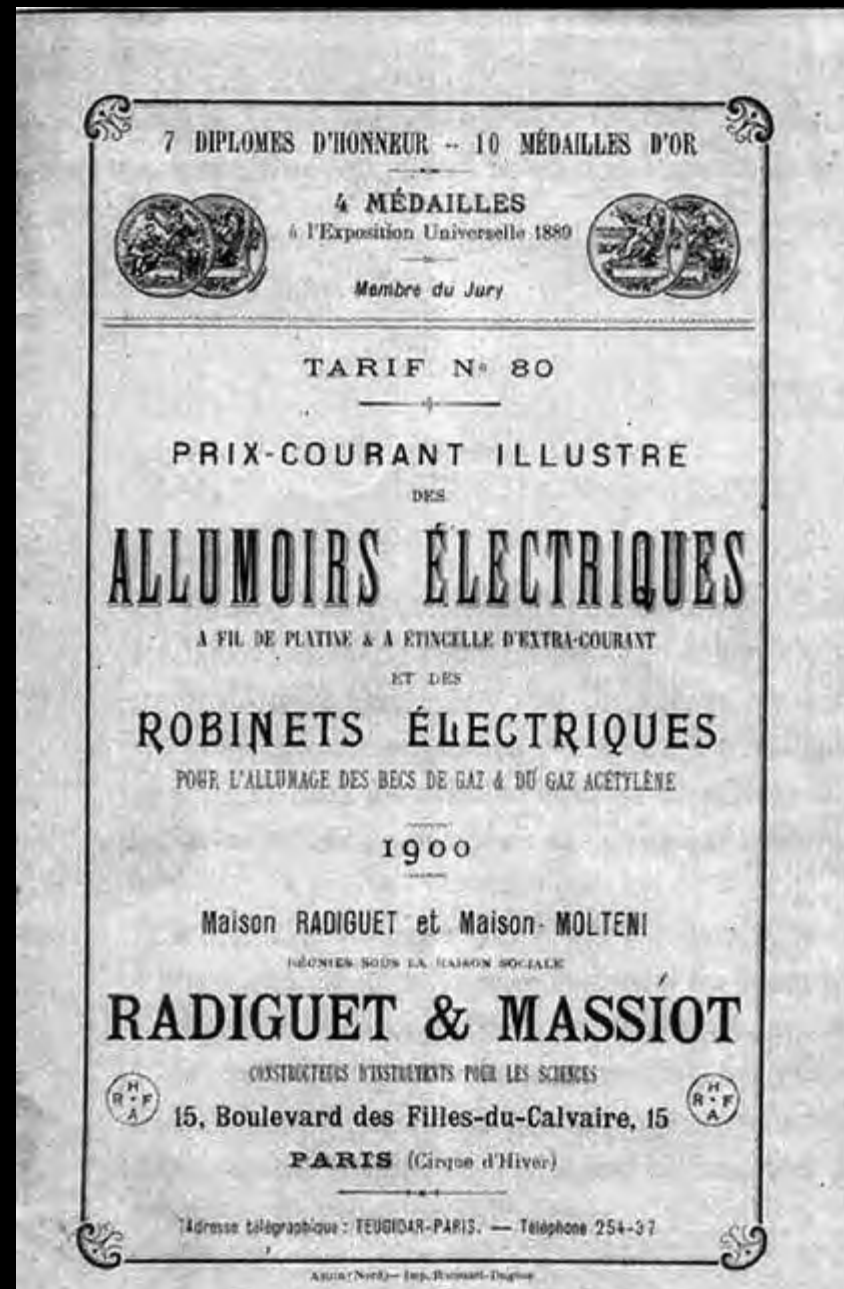


Figura 7.3: Catálogo Radiget et Massiot.

La literatura comercial científica es especial y de enorme valor como evidencia histórica. Pero no siempre fue tenida en alta estima. Al tratarse de documentos para transacciones comerciales era difícil que en las bibliotecas tradicionales hubiera lugar para estos documentos; además de que los catálogos se imprimían en general en papel de bajo precio, por lo que no es sorprendente que muchos no hayan soportado el paso del tiempo. Durante muchos años pocas personas estuvieron interesadas en los catálogos de instrumentos científicos aparte de los encargados de los museos, para quienes estos documentos eran su material secreto de información. Sin embargo, en las últimas décadas ha habido un cambio radical en la forma en que los historiadores de la ciencia valoran estos documentos. Steven Turner en su ensayo sobre la literatura comercial científica menciona que como instrumentos de investigación los catálogos no pueden ser jamás sobrealvalorados [77]. Jon Eklund quien fue curador de la colección de instrumentos de química del Museo Nacional de Historia Americana los llama la columna vertebral de la documentación de objetos del museo. Actualmente la colección de literatura comercial científica de las bibliotecas del Smithsonian Institute es una de las más grandes del mundo [78].

7.1. Mecánica

Aparato de Morin (figuras 7.4 y 7.5). Aparato para estudiar la caída de los cuerpos

La aceleración que experimentan los cuerpos en caída libre hace que sea difícil su observación. Por tanto, hay que emplear procedimientos y aparatos especiales para estudiar el fenómeno. El aparato de Morin, llamado también de indicaciones continuas, debe su diseño original al general Poncelet y permite el análisis detallado del movimiento. No sirve para moderar la velocidad del cuerpo que cae, sino que lo obliga a trazar por sí mismo una gráfica que permite estudiar geoméricamente todas las particularidades del descenso y determinar sus leyes. Con respecto a la influencia perturbadora del aire, resulta despreciable debido a la escasa duración del experimento: el móvil no cae sino durante una fracción de segundo y su velocidad no tiene tiempo de llegar a ser lo bastante grande para que la resistencia del aire pueda retardarla sensiblemente. El aparato de Morin pertenece a la categoría de los registradores.



Figura 7.4: Aparato de Morin.

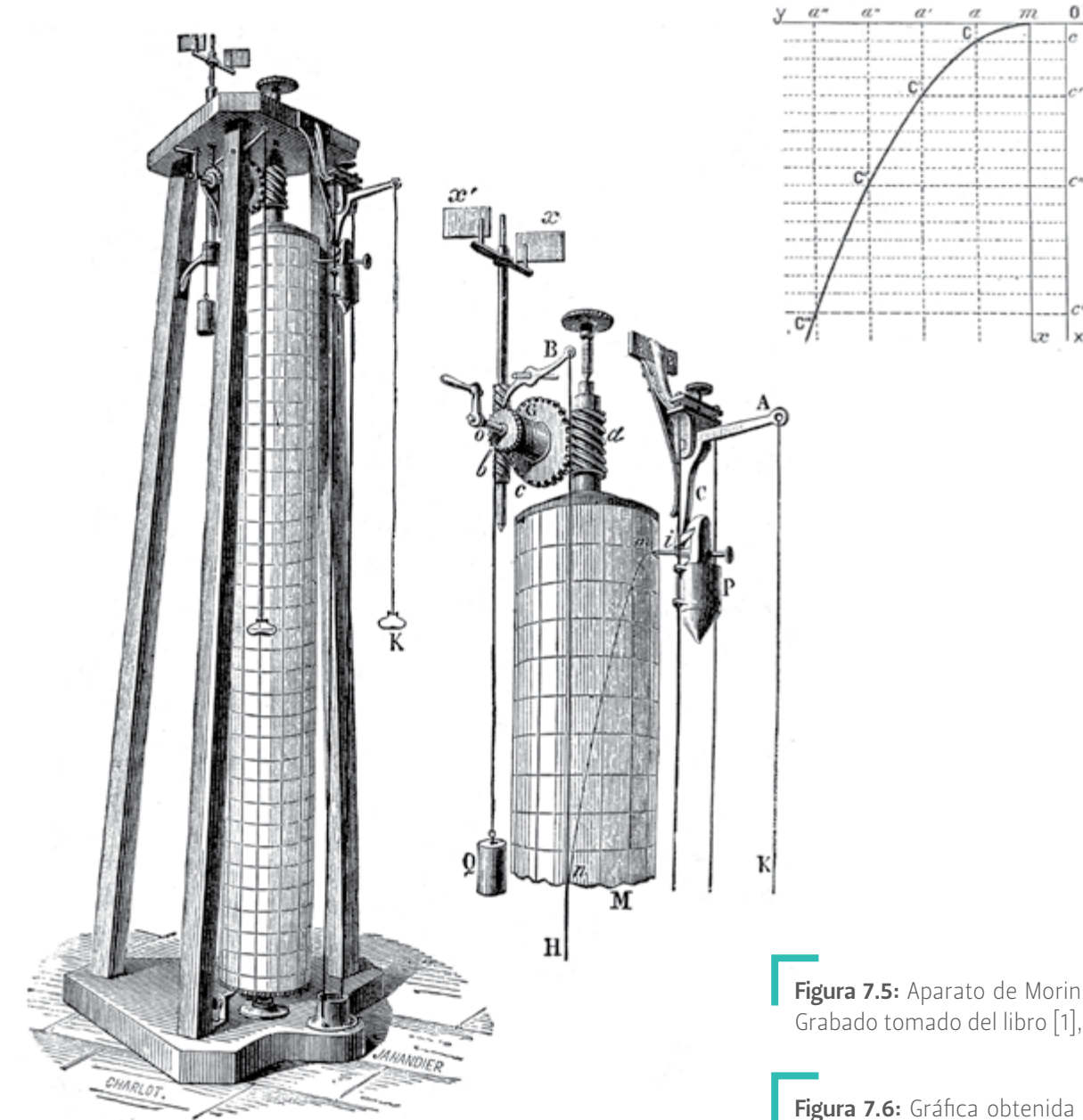


Figura 7.5: Aparato de Morin y mecanismo. Grabado tomado del libro [1], p. 46.

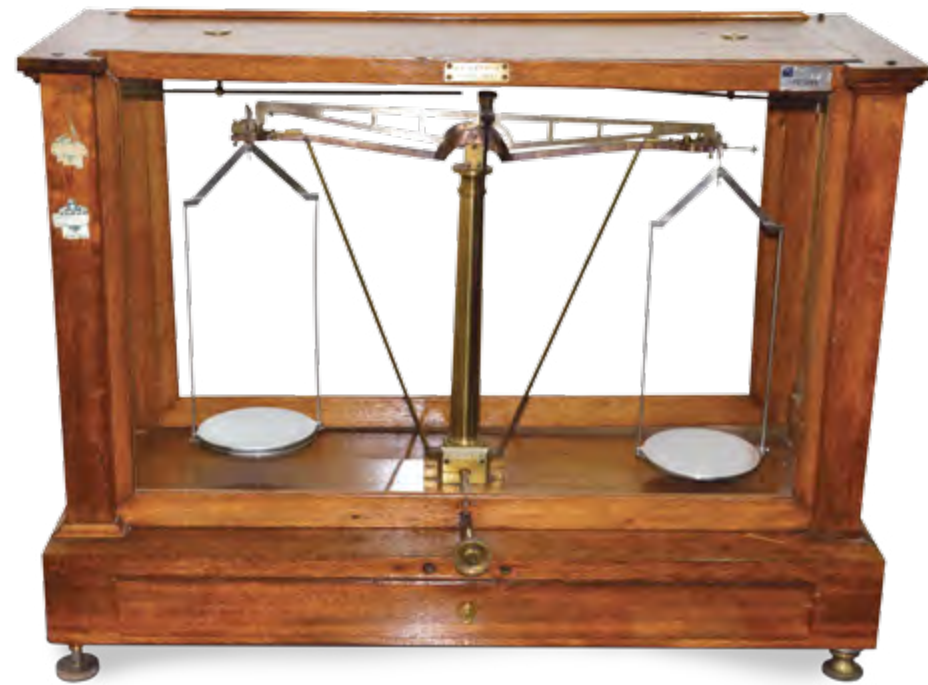
Figura 7.6: Gráfica obtenida con el aparato de Morin, tomada del libro [52], p. 54.

Aparato para el estudio del tiro parabólico (Fig. 7.7)

El estudio del tiro parabólico es de importancia fundamental para la enseñanza de la mecánica, independientemente de su aplicación en balística.



Figura 7.7: Aparato para el estudio del tiro parabólico.



Balanza analítica (Figuras. 7.8 y 7.9)

La balanza es uno de los instrumentos de medición más antiguos y probablemente fue inventada por egipcios y babilonios alrededor de 5,000 años a. C. Se empleaba inicialmente para pesar polvo de oro y joyería. En el siglo XVIII había evolucionado lo suficiente para hacer medidas de precisión del orden del miligramo. Su empleo fue de importancia fundamental en los estudios cuantitativos efectuados por Antoine Laurent de Lavoisier y que condujeron al establecimiento de la química moderna.

Figura 7.8: Balanza analítica.

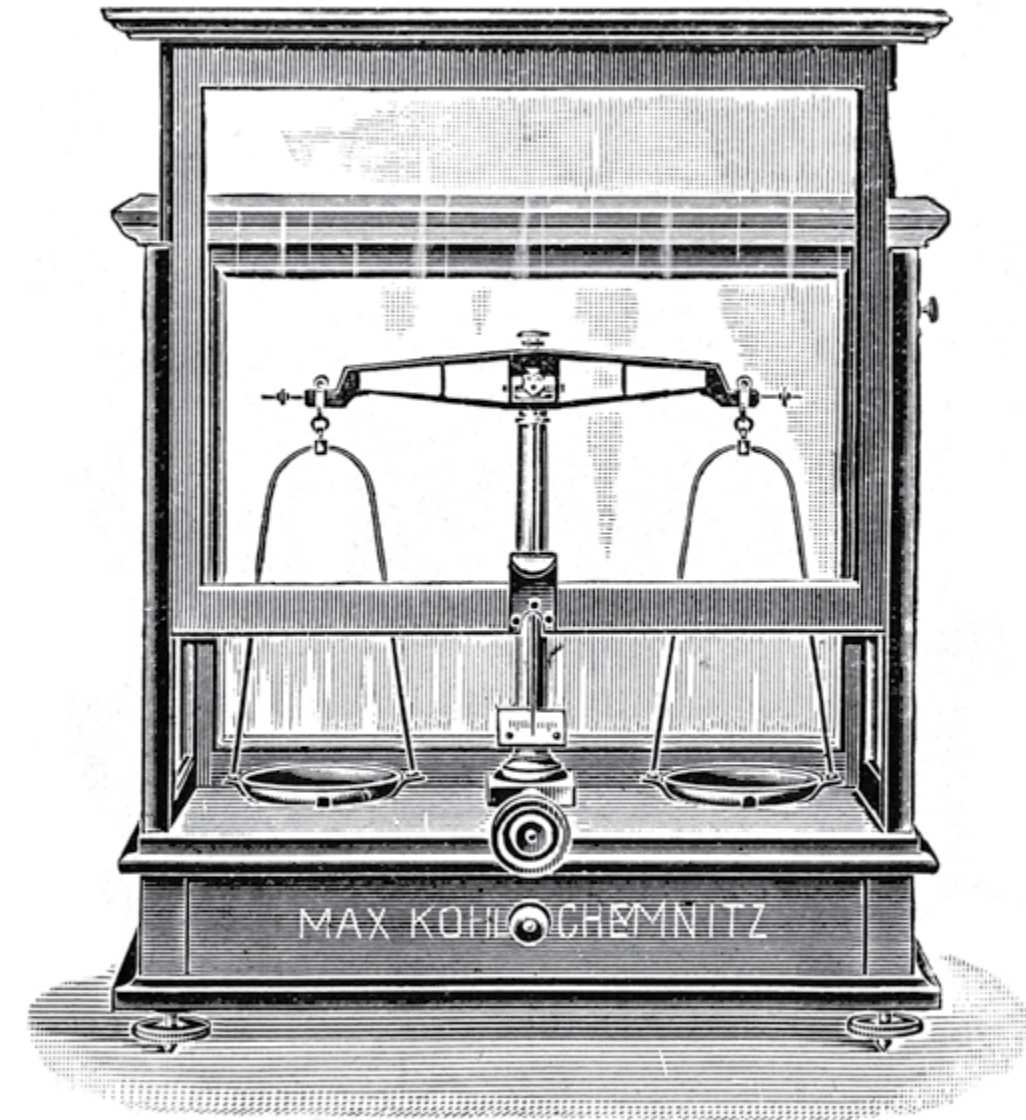


Figura 7.9: Balanza analítica. Grabado tomado de [53], p. 234.



7.2. Hidráulica

Vasos comunicantes (Figuras 7.10 y 7.11)

Con este aparato se estudia el equilibrio de líquidos, ya sea de la misma densidad o de diferentes densidades.

Figura 7.10: Vasos comunicantes.

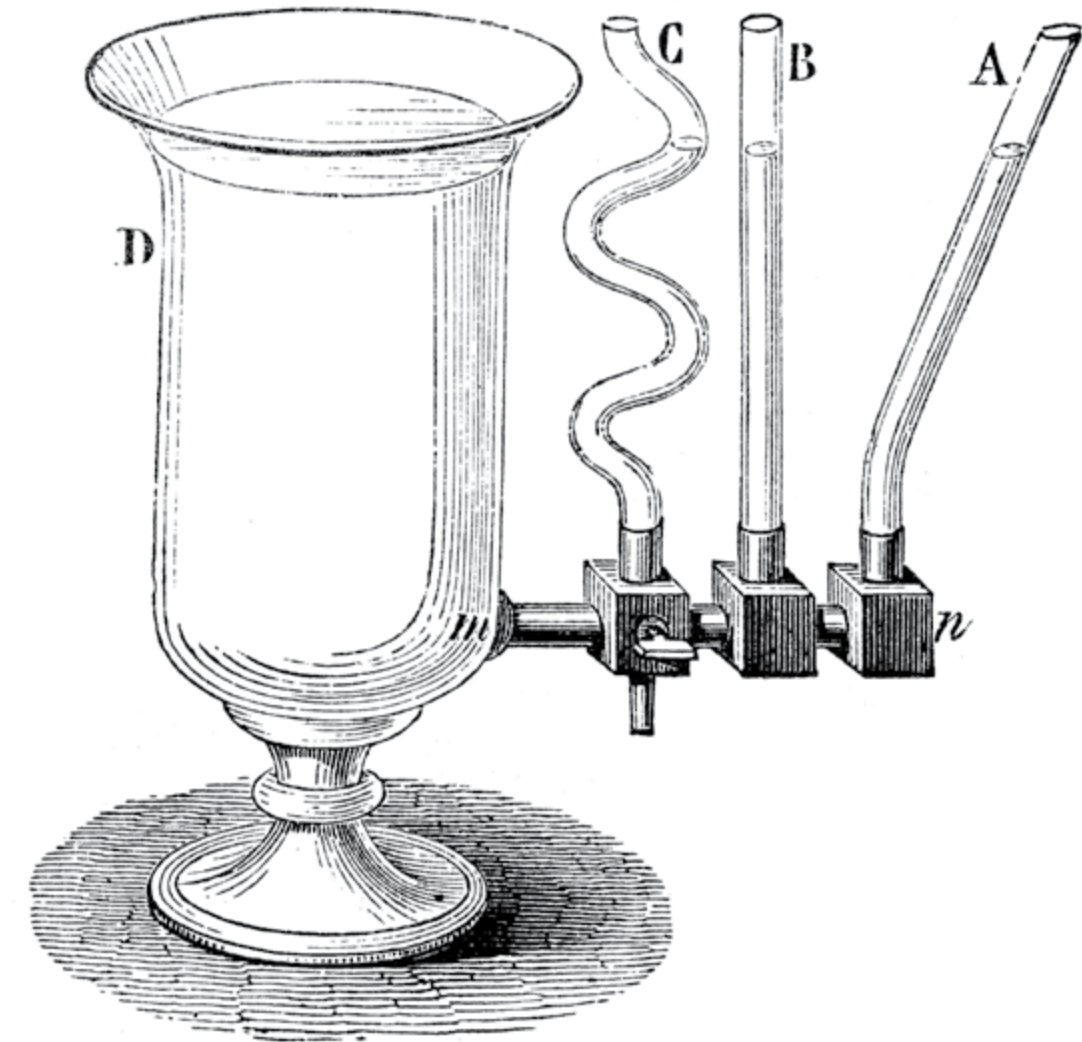


Figura 7.11: Vasos comunicantes. Grabado tomado de [1], p. 75.



Bomba aspirante impelente
(Figuras 7.12 y 7.13)

Consiste en una bomba impelente a la que se le añade un tubo de aspiración y, entonces, la altura a que se puede subir el agua es correspondiente a la fuerza que se aplica al bajar el émbolo.

Figura 7.12: Bomba aspirante impelente.

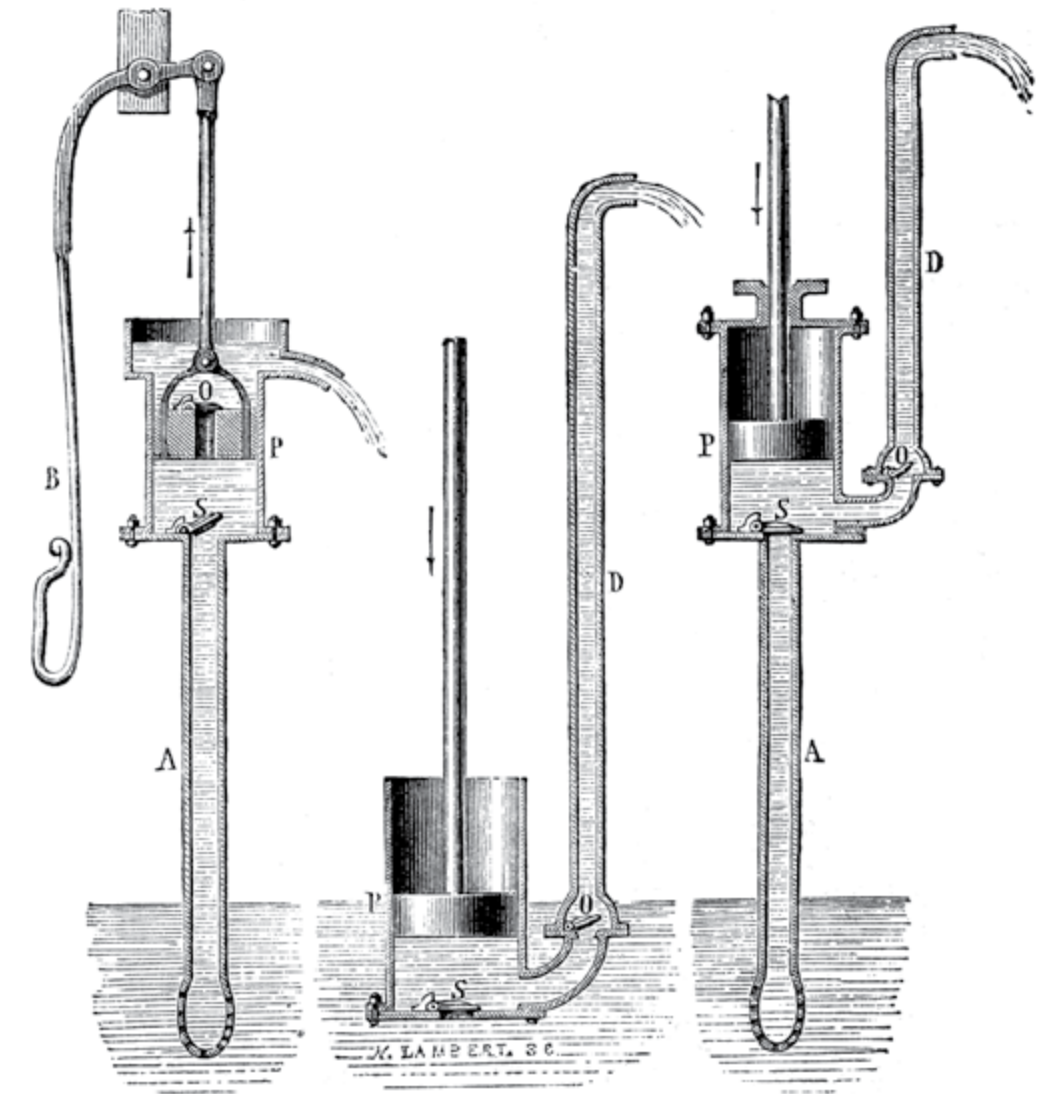


Figura 7.13: Bombas aspirante, impelente y aspirante/impelente. Grabado tomado de [1], p. 176.



Medidor de gasto (Figura 7.14)

Aparato para medir la cantidad de líquido que fluye por una tubería en una unidad de tiempo (gasto).

Figura 7.14: Medidor de gasto.

Fuente de Herón (Figura 7.15)

Esta fuente, llamada así por el apellido de su inventor quien vivió en Alejandría 120 años a. C., está compuesta por una cubeta o platillo de cobre *D* y dos globos de vidrio *N* y *M*, de 2 a 3 decímetros de diámetro. El platillo se comunica con la parte inferior del globo *N* por un tubo largo de cobre *B*; otro tubo *A* relaciona entre sí ambos globos, y por último, un tercer tubo más pequeño atraviesa la cubeta y llega hasta la parte inferior del globo *M*. Este último tubo se quita para llenar de agua el globo *M*. Se vuelve a poner y se vierte agua en el platillo, cuyo líquido desciende por el tubo *B* al globo inferior expulsando el aire, el cual es repelido al superior donde actúa sobre el agua haciéndola saltar, según se ve en el grabado de la fig. 7.15 (b). Sin la resistencia del aire y el rozamiento se elevaría el líquido por encima del nivel *D* a una altura igual a la diferencia de nivel entre los dos globos.

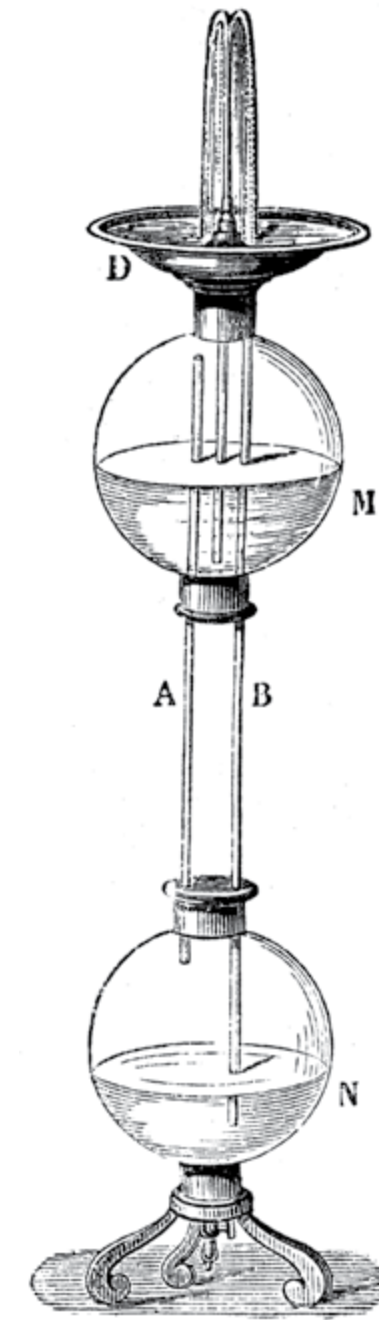


Figura 7.15: (a) Fuente de Herón (incompleta). (b) Grabado tomado de [1], p.171.



Figura 7.16: Bomba de compresión.

7.3. Gases

Bomba de compresión (Figuras 7.16 y 7.17)

Esta bomba sirve principalmente para disolver el anhídrido carbónico o cualquier otro gas en el agua atorullándose en la misma vasija que contiene el líquido. Con unos aparatos semejantes a este se fabricaban las aguas gaseosas artificiales.

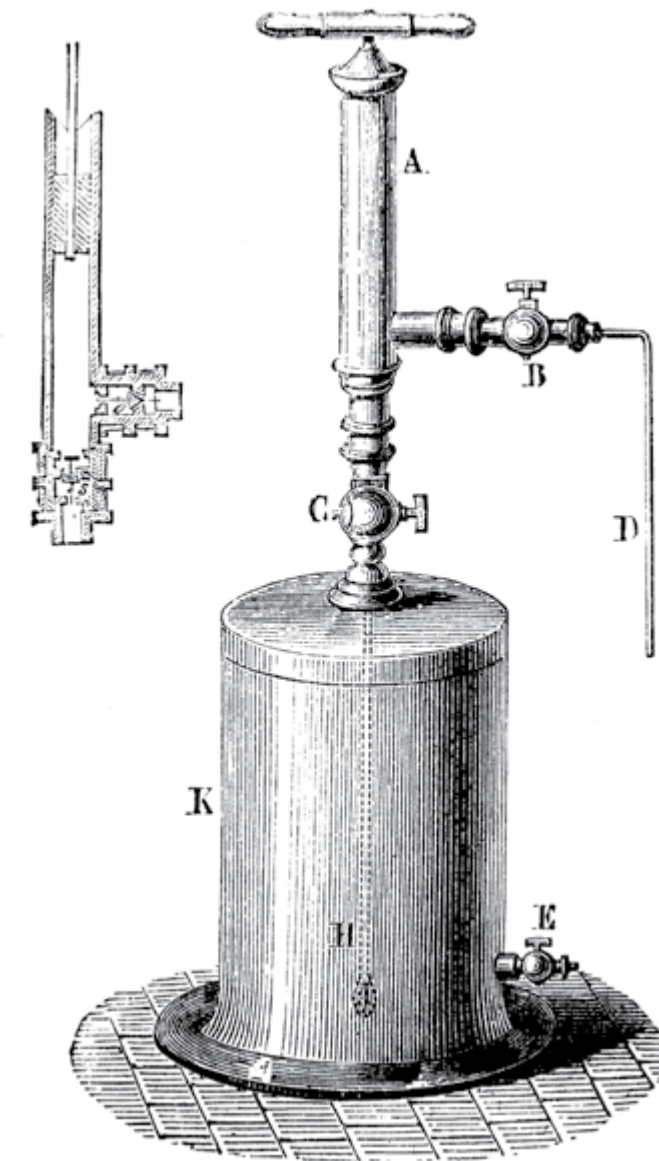


Figura 7.17: Bomba de compresión. Grabado tomado de [1], p. 170.



Bomba de compresión de doble émbolo
(Figura 7.18)

Esta bomba fue diseñada con cilindros y cámara de compresión transparentes para observar su funcionamiento.

Figura 7.18: Bomba de compresión de doble émbolo.



Máquina de compresión (Figuras 7.19 y 7.20)

Esta máquina servía para comprimir gases y tiene gran semejanza con la neumática para hacer el vacío (ver [1], p. 154). Con el fin de evitar accidentes que pudieran ocurrir debido a la presión, a la cámara del gas se le protegía con un enrejado de alambre.

Figura 7.19: Máquina de compresión.

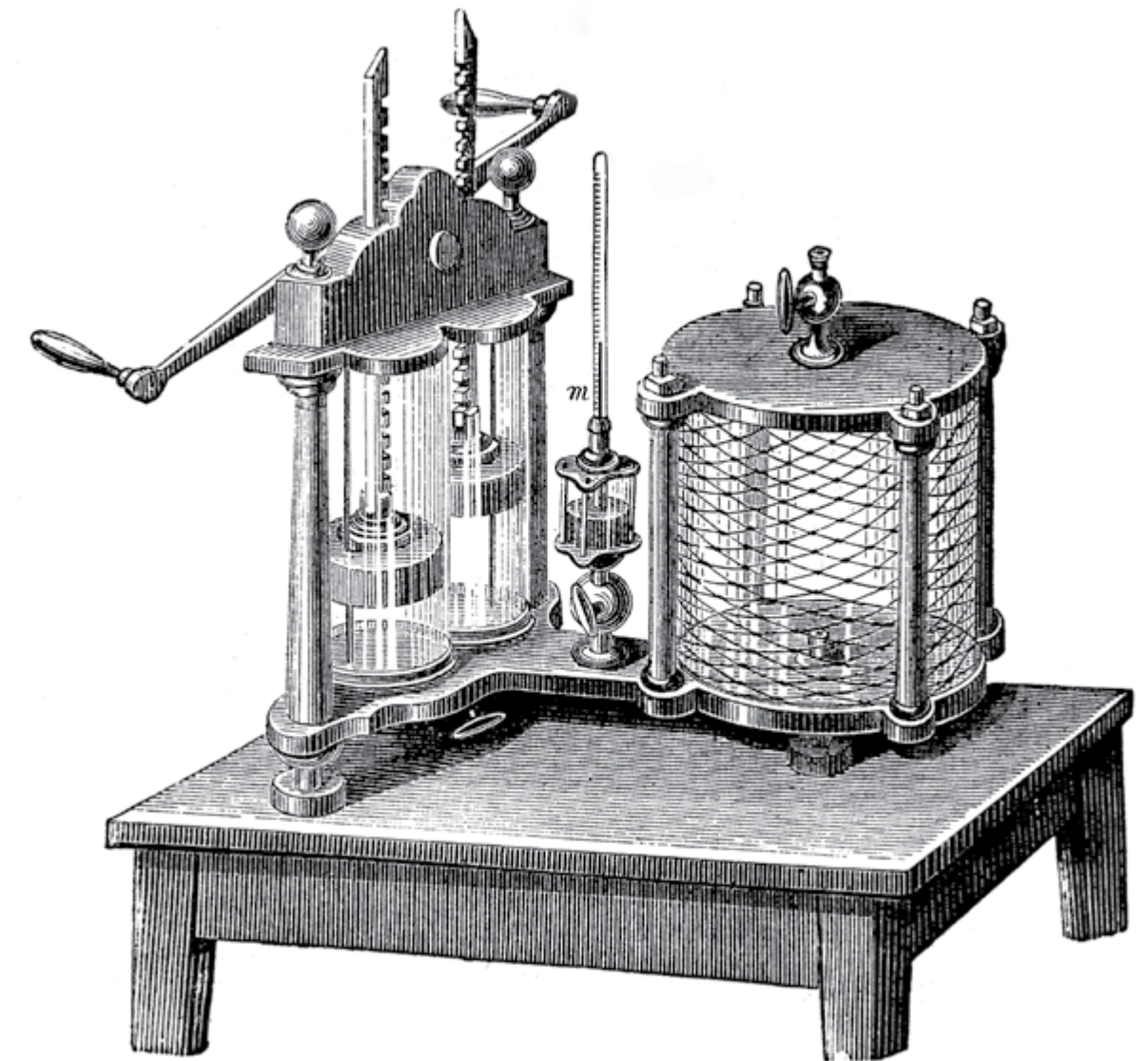


Figura 7.20: Máquina de compresión. Grabado tomado de [1], p. 167.

Aparato de Cailletet (Figura 7.21)

Este aparato sirve para la licuefacción de gases. La compresión de un gas eleva su temperatura. Si a continuación se reduce ésta, sin disminuir la presión, el gas puede licuarse. La presión puede subir hasta 300 atmósferas.

Louis Paul Cailletet nació el 21 de septiembre de 1832 en Châtillon-sur-Seine (Côte-d'Or) y falleció el 15 de enero de 1913 en París. Después de efectuar sus estudios en Châtillon-sur-Seine y en París, fue alumno de l'Ecole des Mines. Durante sus trabajos como investigador trabajó al lado de su padre, maestro de herrería y forja. Posteriormente estableció su laboratorio de investigación en Châtillon-sur-Seine, interesándose en la compresibilidad de los gases. En 1877 llevó a cabo la licuefacción del dióxido de nitrógeno, por medio del intenso frío obtenido por la descompresión brusca del gas que había sido fuertemente comprimido. El mismo año, fue la primera persona que tuvo éxito en la licuefacción del oxígeno, del hidrógeno y del aire, naciendo así el aire líquido. Sus descubrimientos dieron origen de la moderna industria del frío, de la criogénia y de las altas presiones, que han permitido la conservación de alimentos, órganos humanos y bancos de esperma; así como mejoras en la industria metalúrgica y la conquista espacial (el oxígeno líquido como comburente en los cohetes). La Universidad de Bourgogne conserva en Dijon la máquina de Cailletet.



Figura 7.21: Louis Paul Cailletet (Llamado el “Padre del aire líquido”).

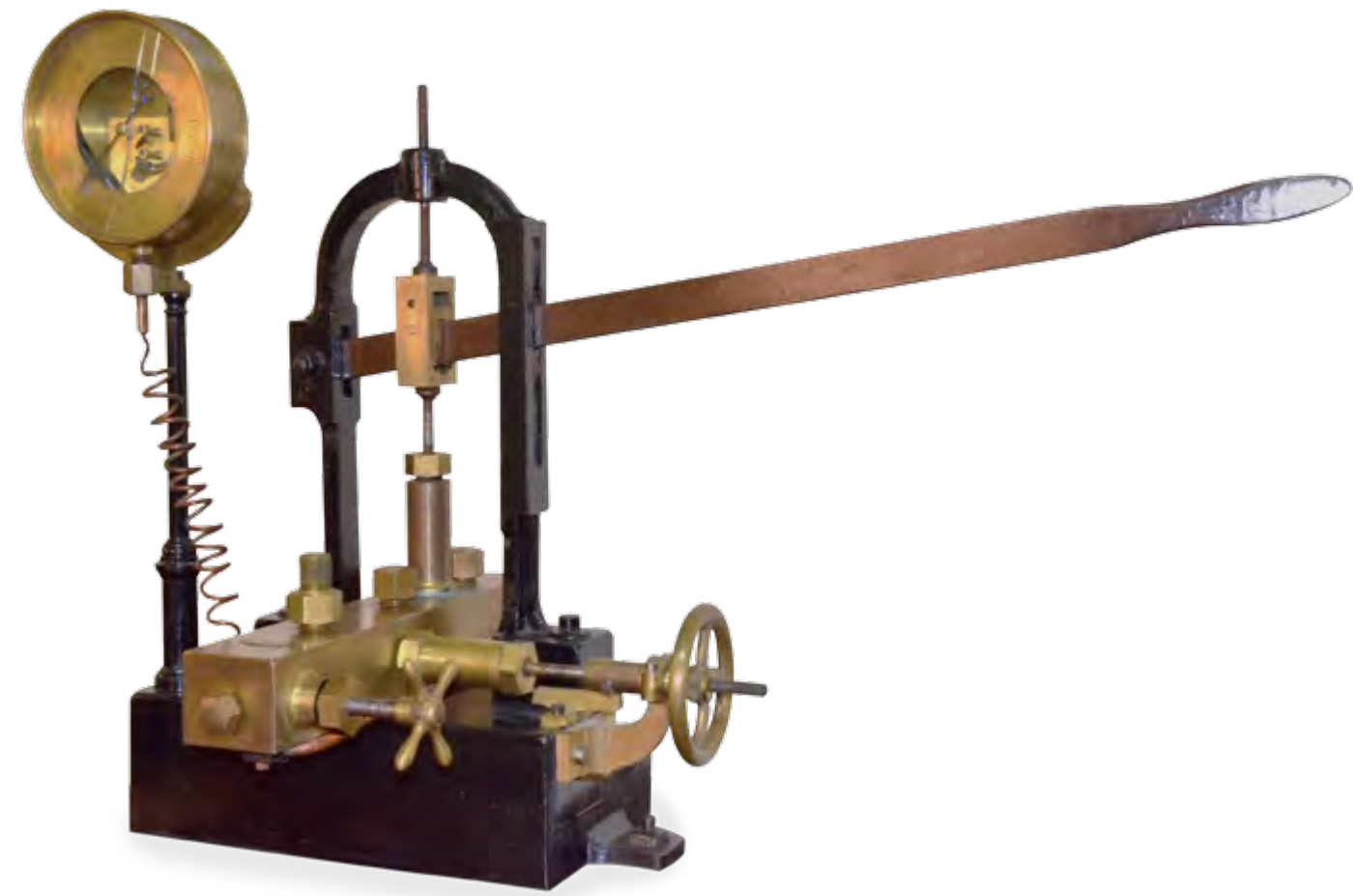


Figura 7.22: Aparato de Cailletet.

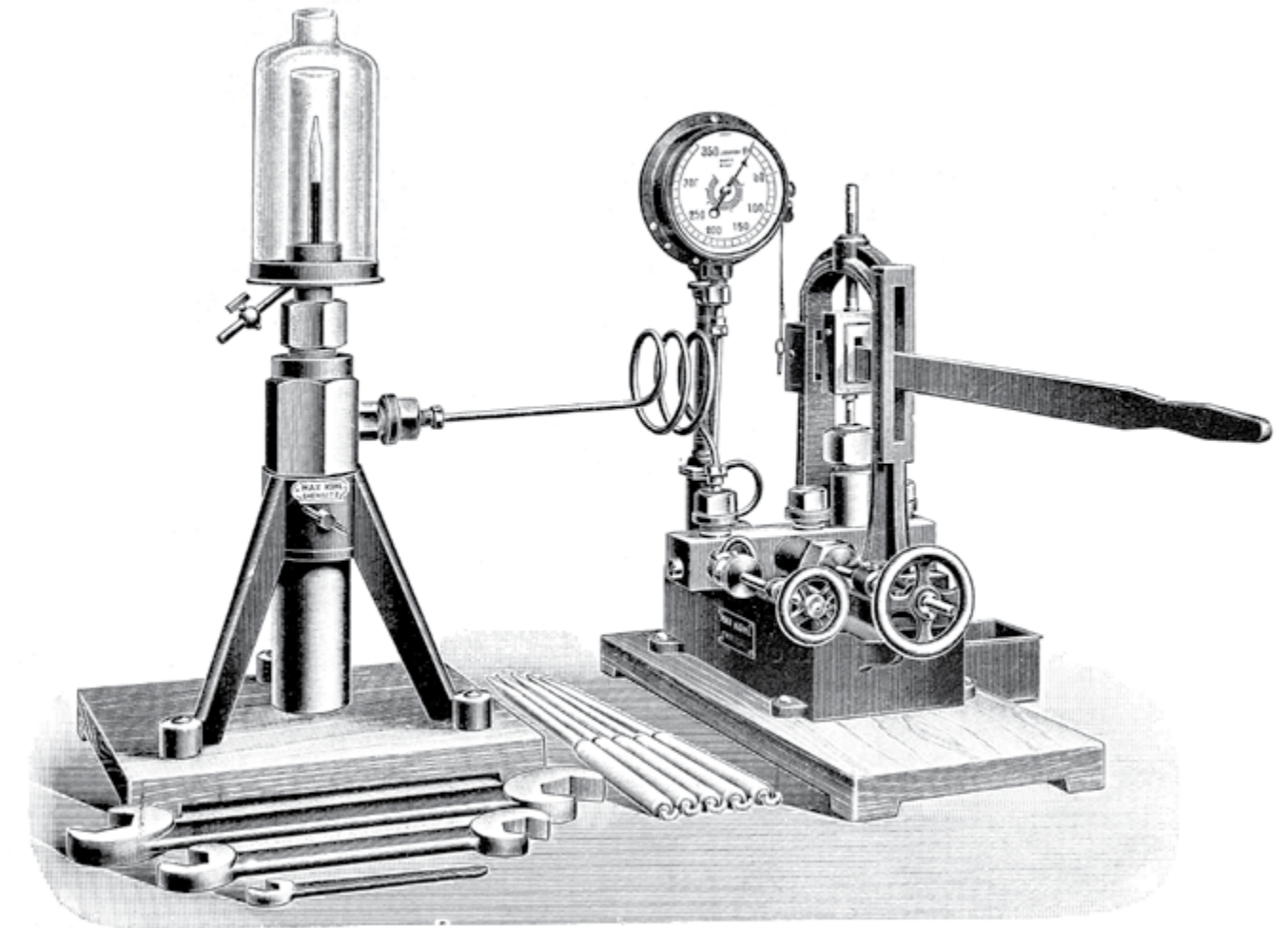


Figura 7.23: Aparato de Cailletet. Grabado tomado de [53].

Aparato de congelación de Carré
(Figuras 7.24 y 7.25)

El arte de la refrigeración basado en el hielo natural es muy antiguo y se practicó mucho antes de construirse cualquier máquina térmica. La utilización de los procesos químicos mediante mezclas refrigerantes se puede considerar como una etapa intermedia entre el frío natural y el frío artificial.

Cuando un líquido se vaporiza y no recibe calor exterior, su temperatura baja porque él mismo debe proporcionar el calor necesario para la vaporización. La vaporización del agua en el vacío puede motivar su congelación. Esto se logra fácilmente con el aparato de Carré basado en el principio mencionado. Por medio de una bomba C se produce el vacío en una garrafa R y se produce la ebullición del agua que contiene. En el trayecto del tubo que pone en comunicación la bomba con la garrafa, hay un depósito S que contiene ácido sulfúrico concentrado que absorbe sin cesar el vapor producido, de manera que el vacío se sostiene sin necesidad de seguir trabajando la bomba. Como consecuencia de la vaporización continua, el agua acaba por llegar a la congelación.

La primera máquina de Carré funcionaba con ácido sulfúrico como absorbente pero en 1859 se introdujeron mejoras utilizando amoníaco como absorbente. Las máquinas de Carré tuvieron mucho éxito y fueron utilizadas por los ejércitos confederados durante la guerra civil norteamericana.



Figura 7.24: Aparato de congelación de Carré.

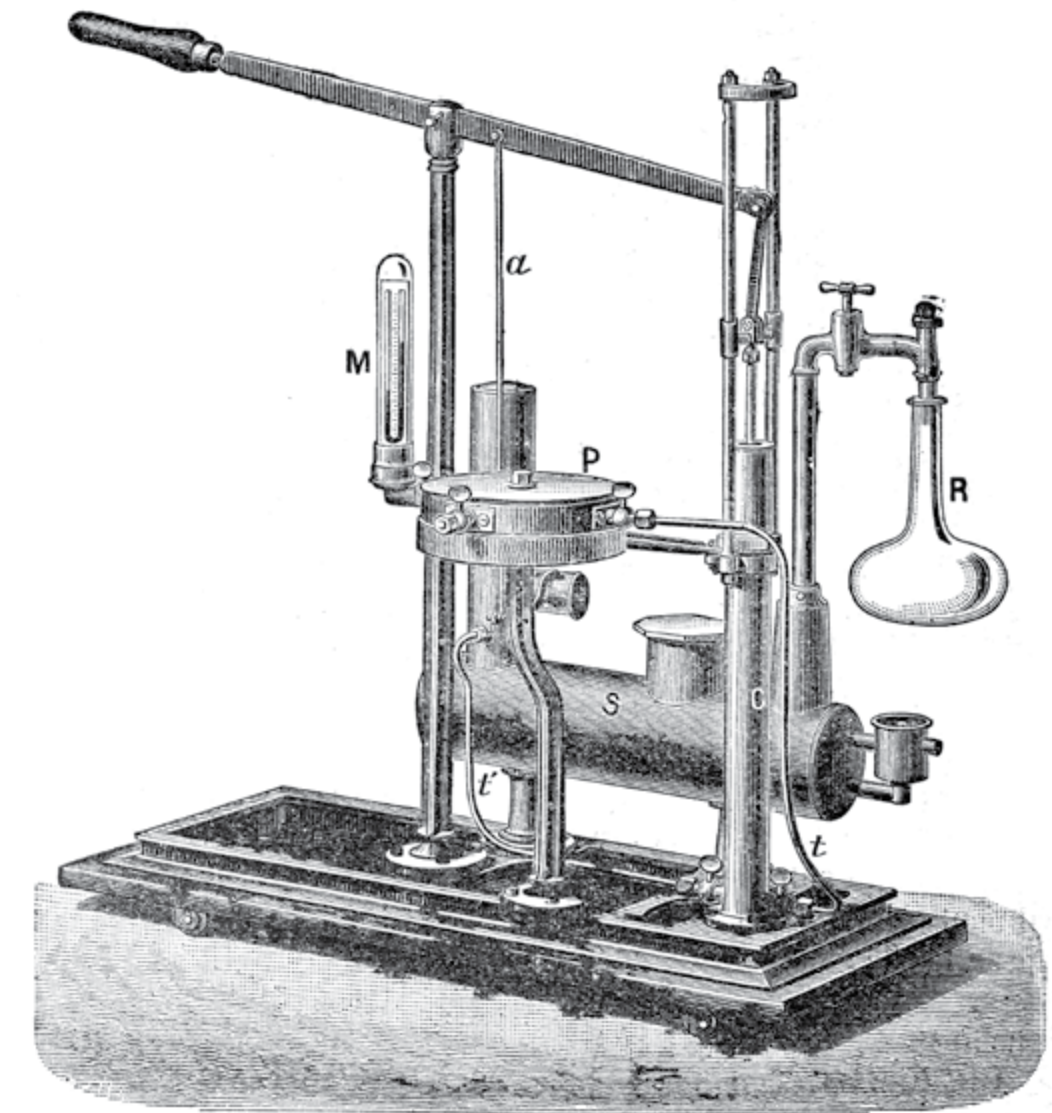


Figura 7.25: Aparato de congelación de Carré. Grabado tomado del libro [52], p. 165. El aparato conservado en el Museo es una versión más moderna con depósito doble.



Máquina neumática de mercurio de Alvergniat (Figura 7.26)

En esta máquina se utiliza el vacío barométrico para obtener un vacío mucho más completo que con las de émbolo. Fueron de enorme importancia en los experimentos de Edison sobre las primeras lámparas incandescentes. Posteriormente permitieron el estudio de las descargas eléctricas en tubos con diferentes grados de vacío (ver descargas en Ampolla eléctrica. Figuras 7.68 y 7.69).

Figura 7.26: Máquina neumática de mercurio de Alvergniat.

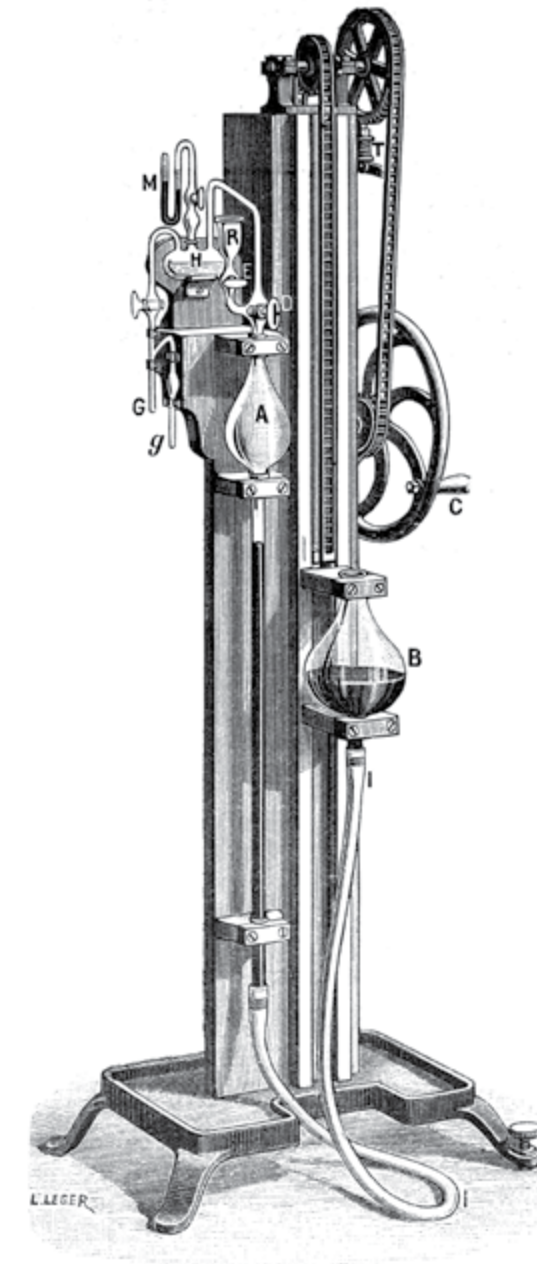


Figura 7.27: Máquina neumática de mercurio de Alvergniat. Grabado tomado del libro [52], p. 167.

7.4. Acústica

Campana en cápsula de vacío (Figura 7.28)



Figura 7.28: Campana en cápsula de vacío. Este aparato sirve para la demostración de la no transmisibilidad del sonido en el vacío.

Aparato de Koenig (Figuras 7.29 y 7.30)

Aparato de Koenig para el análisis de los sonidos. Siendo lenta y penosa la aplicación sucesiva al oído de resonadores diferentes, Koenig imaginó un aparato en el cual obra sobre llamas manométricas una porción de resonadores y los sonidos que se hacen visibles pueden ser demostrados a la vista de un numeroso auditorio.

Consiste el aparato en un bastidor de hierro colado en el cual hay fijos en dos series paralelas 14 resonadores acordados para dar todas las notas de *fa* a *do*, es decir, cuatro octavas y media de cuyas notas las más elevadas dan los armónicos inferiores a las primeras. A la derecha de los resonadores hay un compartimento C que recibe el gas del alumbrado por un tubo de caucho D, teniendo encima ocho mecheros provistos cada uno de una cápsula barométrica. Cada mechero comunica con el compartimento C por un tubo de caucho especial, en tanto que por detrás del aparato otros tubos reúnen cada mechero con uno de los resonadores. Finalmente, a la derecha de los mecheros se ve un sistema de espejos giratorios AB, el cual muestra las llamas manométricas (Figura 7.30 (b)).



Figura 7.29: Aparato de Koenig.

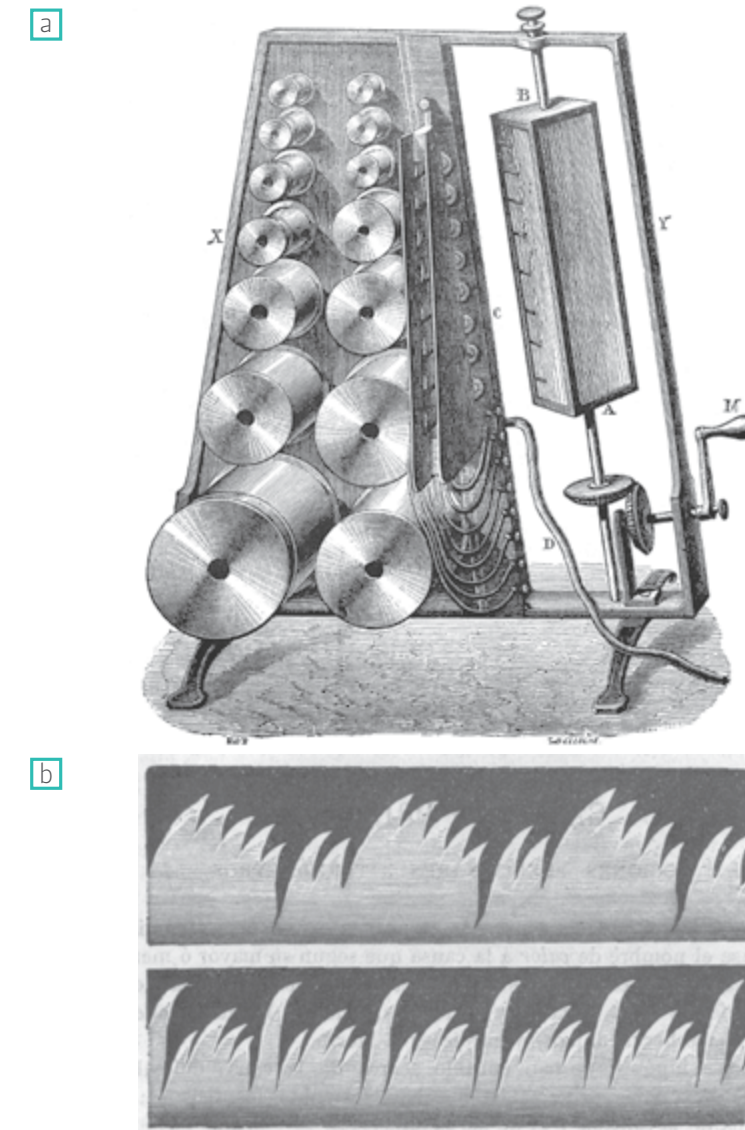


Figura 7.30: (a) Aparato de Koenig. Grabado tomado del libro [1], p. 232. (b) Llamas manométricas.



Fuelle acústico (Figuras 7.31 y 7.32)

Aparato que sirve para hacer funcionar los tubos vibratorios iguales a los de los órganos y efectuar el estudio de los sonidos.

Figura 7.31: Fuelle acústico.

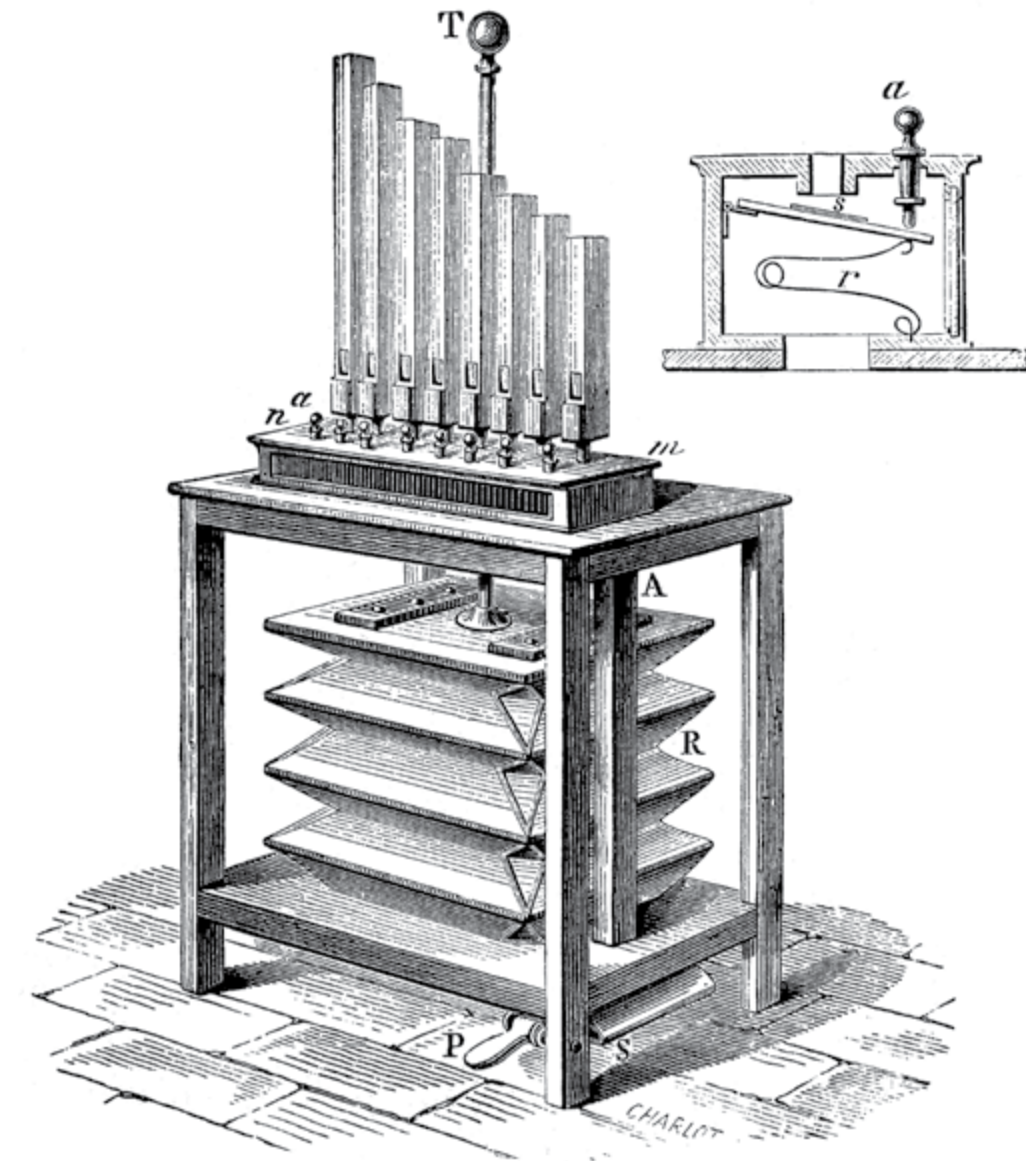
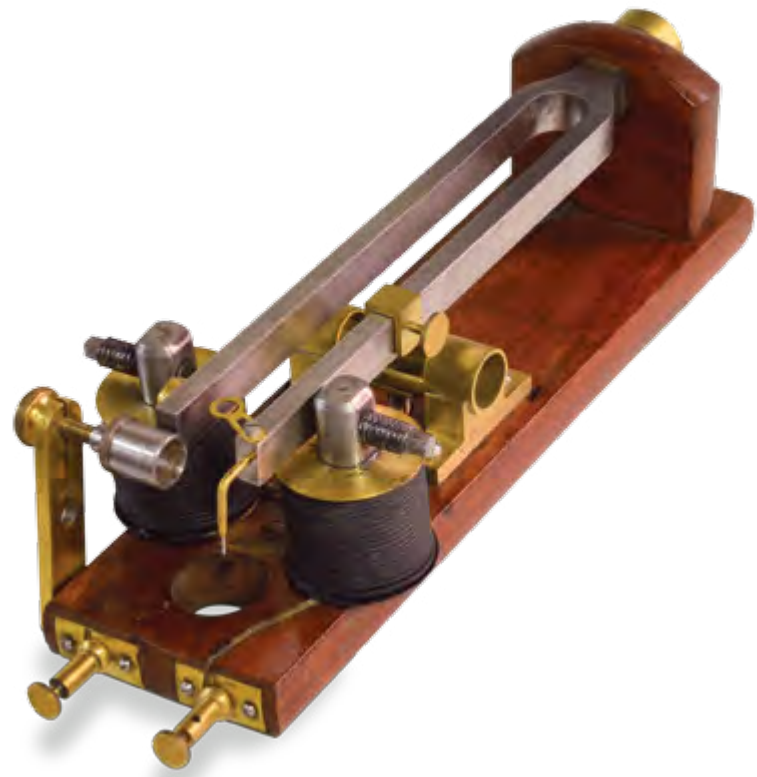


Figura 7.32: Fuelle acústico. Grabado tomado del libro [1], p. 197.



Diapasón con dispositivo electromagnético (Figuras 7.33 y 7.34)

El diapasón es un instrumento vibrante que da un sonido de una altura determinada. Consta de una barra de acero doblada en forma de U. Sea cual fuere el método empleado para hacer vibrar sus ramas, el número de vibraciones por segundo (frecuencia) es invariable y por consiguiente el sonido engendrado también lo es. El diapasón eléctrico como el de la figura 7.33 permite mantener las vibraciones indefinidamente gracias a un electroimán y contactos eléctricos adecuados.

Figura 7.33: Diapasón con dispositivo electromagnético.

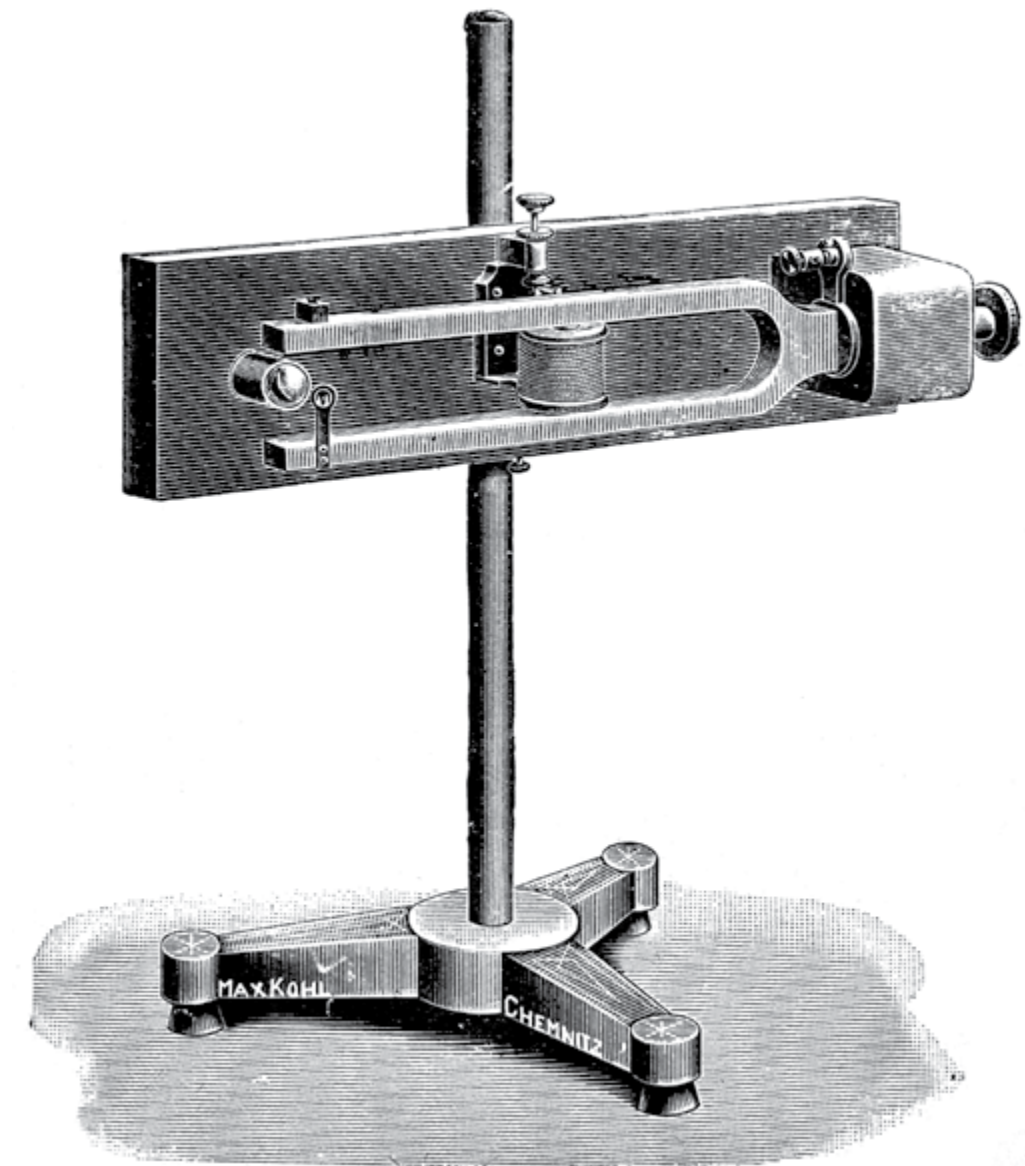


Figura 7.34: Diapasón con dispositivo electromagnético. Grabado tomado de [53], p. 457.



Fonógrafo de Edison (Figuras 7.35 y 7.36)

El fonógrafo fue inventado por Thomas A. Edison en 1877 y sería su aparato favorito. Consistía en un cilindro A, recubierto con una hoja de estaño, que se hacía girar a mano mediante una manivela M. La grabación del sonido se efectuaba variando la profundidad de un surco sobre el estaño. La primera grabación del mundo la hizo Edison con su propia voz. El fonógrafo fue presentado en la exposición universal de 1889 en París, donde el nuevo invento causó enorme sensación.

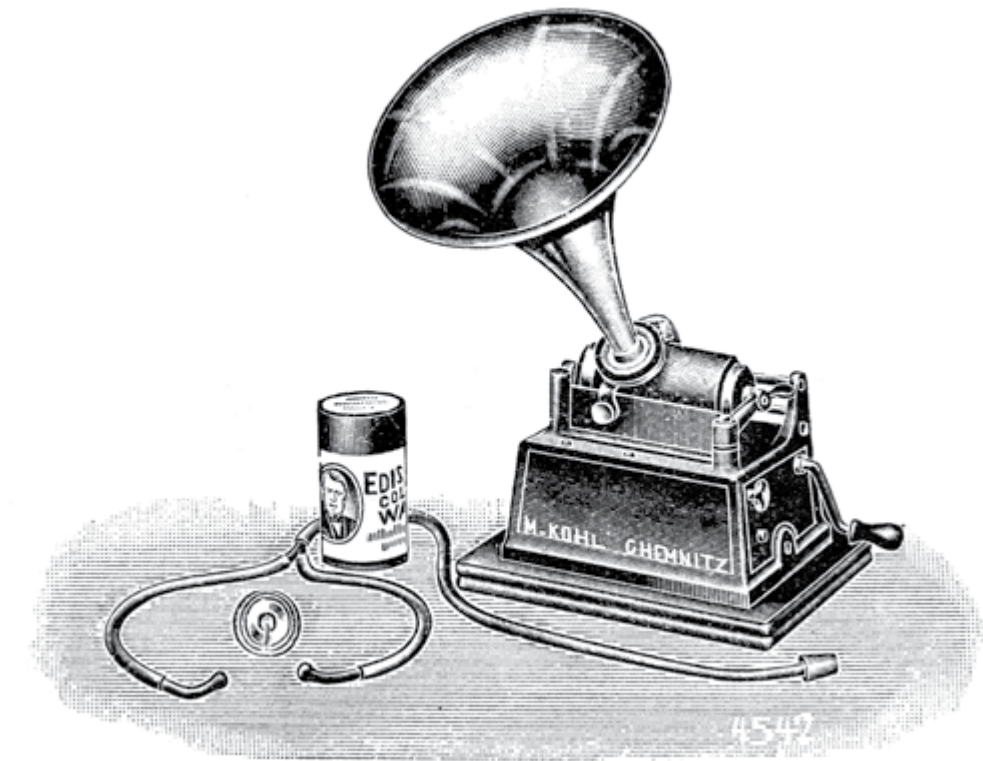
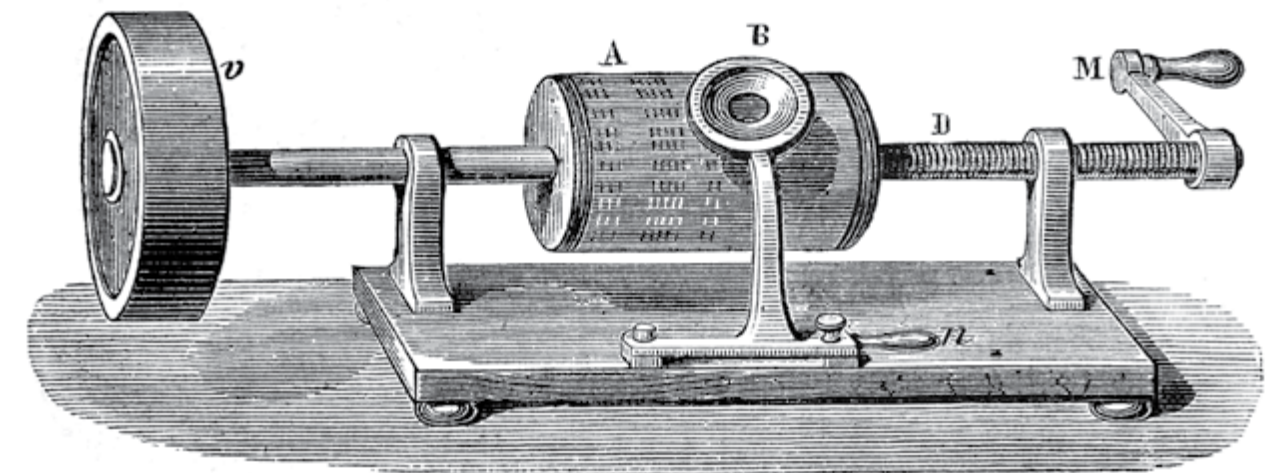


Figura 7.35: Fonógrafo de Edison.

Figura 7.36: Primitivo fonógrafo de Edison. Grabado tomado del libro [1], p. 864.

Figura 7.37: Fonógrafo de Edison. Grabado tomado de [53], p. 460.





7.5. Óptica

Aparato de Silbermann (Figuras 7.38 y 7.39)

Este aparato sirve para el estudio de las leyes de la reflexión y refracción de la luz. En el centro puede observarse una vasija semicilíndrica de vidrio que se llena de líquido de modo que su superficie quede exactamente a la altura del centro del círculo. Para el estudio de las leyes se hace llegar un rayo luminoso a la superficie del líquido. El rayo se divide en dos partes, un rayo reflejado y un rayo transmitido a través de la vasija. Los ángulos de estos rayos pueden ser medidos con el aparato para establecer las leyes.

Figura 7.38: Aparato de Silbermann.

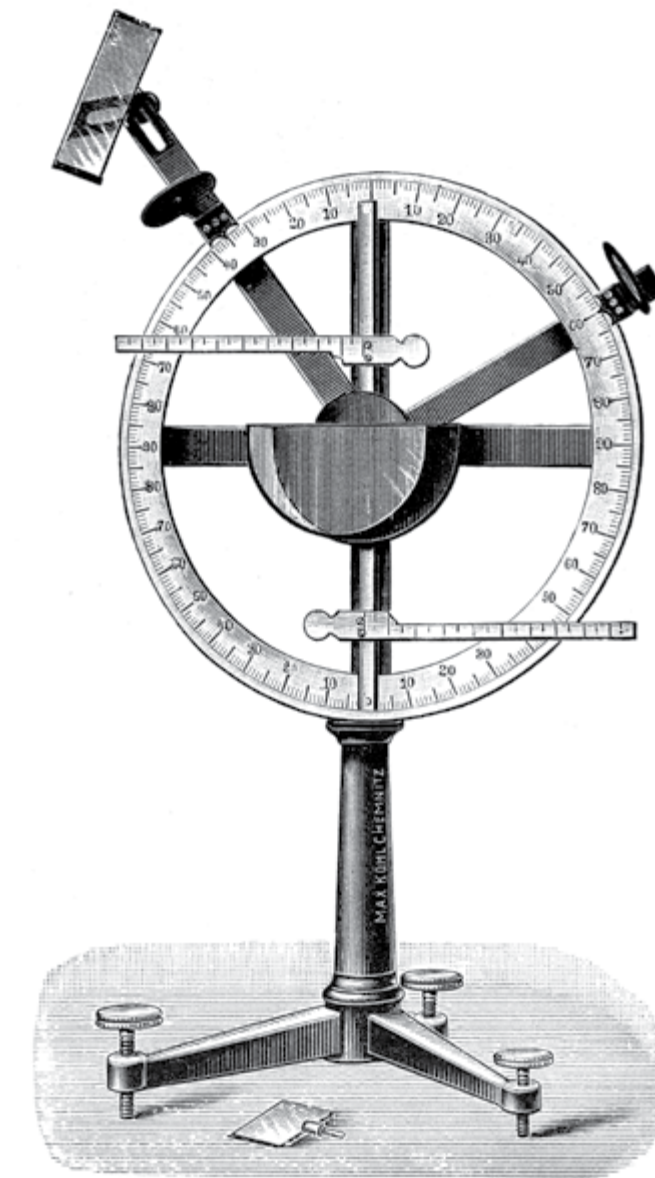


Figura 7.39: Grabado del Aparato de Silbermann. Tomado del libro [53], p. 487.



Lente de Fresnel (Figuras 7.40 y 7.41)

Las lentes de grandes dimensiones presentan muchas dificultades de construcción, y dan margen además a una gran aberración esférica. Para obviar esos inconvenientes se construyen las lentes escalonadas inventadas por Buffón y perfeccionadas por Fresnel, que constan en el centro de una lente plano convexa rodeada de una serie de segmentos anulares y concéntricos. Estas lentes son muy usadas en los faros que sirven de guía a la navegación. En la figura 7.41 se presenta otra aplicación de estos aparatos. Haciendo uso de la concentración de rayos solares es posible fundir oro y platino e incluso cuarzo colocándolos en el foco de la lente.

Figura 7.40: Lente de Fresnel.

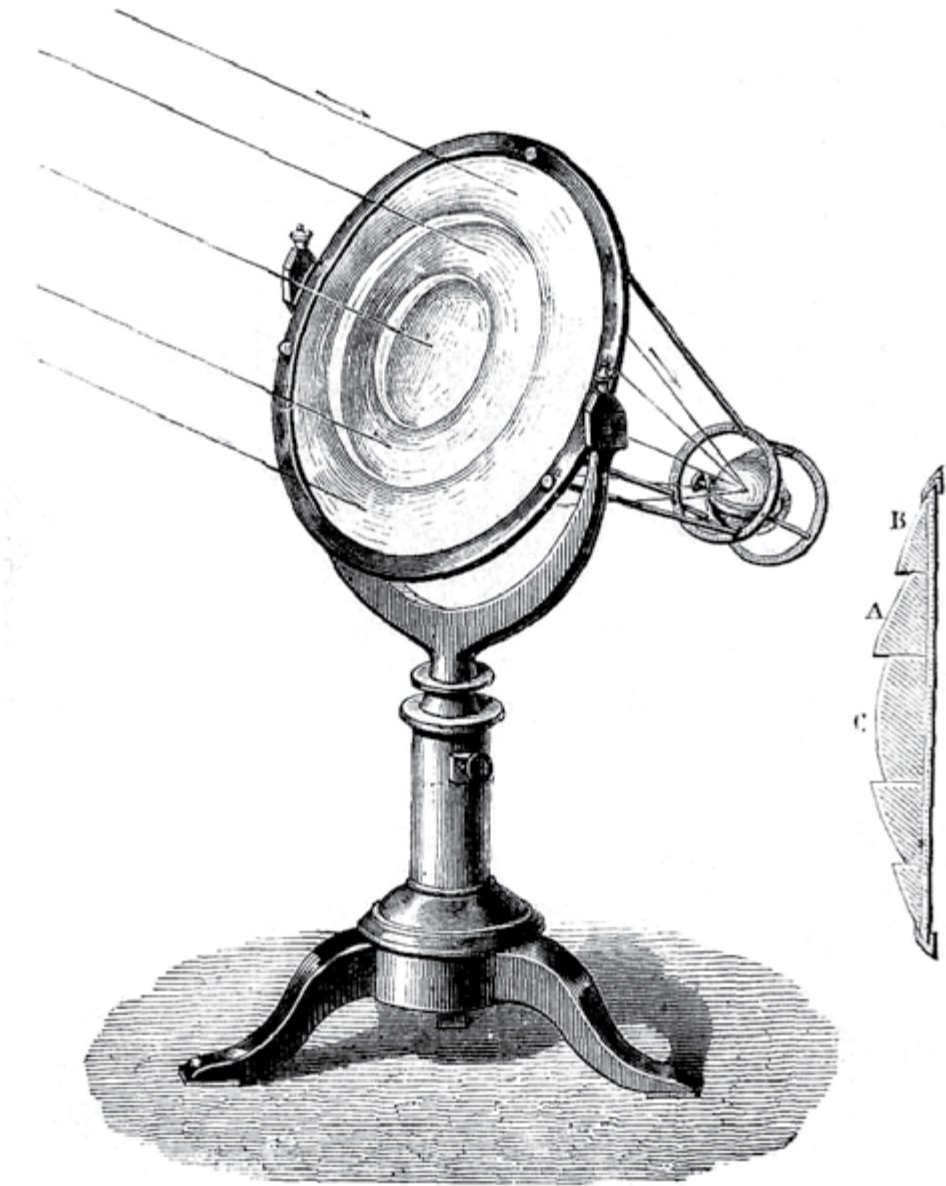


Figura 7.41: Grabado de la Lente de Fresnel tomado del libro [1], p. 546.

Teodolito (Figura 7.42)

Instrumento de precisión fundamental en geodesia y topografía. El teodolito consta de un anteojo articulado por un eje horizontal en una montura en forma de U que no es sino una alidada dotada a su vez de movimiento sobre un eje vertical. Así, los movimientos del anteojo permiten medir ángulos verticales, cuyo valor es indicado por un limbo vertical; por otra parte, los movimientos de la alidada medidos con otro limbo horizontal, permiten medir los ángulos horizontalmente.

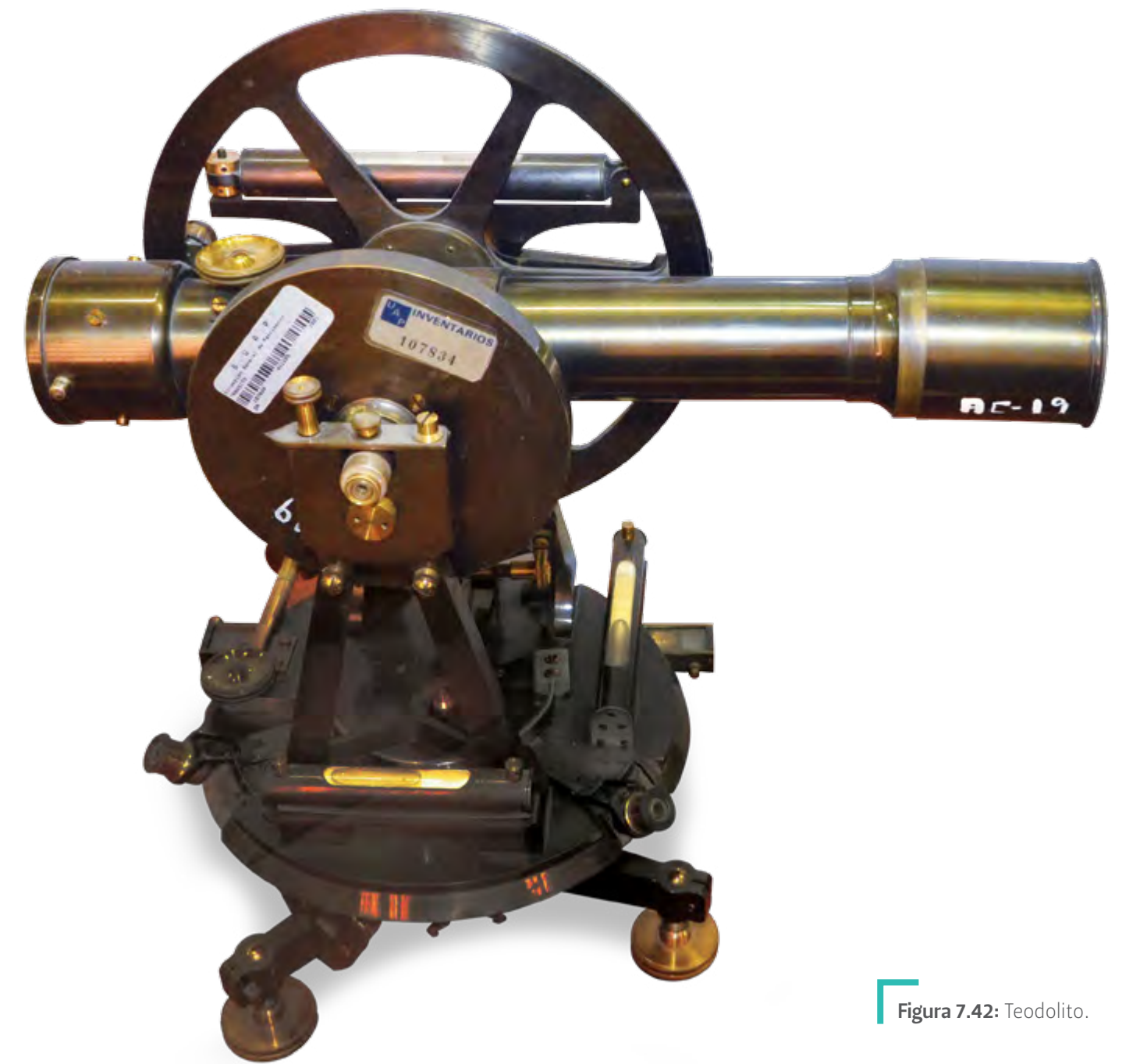


Figura 7.42: Teodolito.



Cámara de proyección o linterna mágica
(Figuras 7.43 y 7.44)

Es un aparato destinado a obtener sobre una pantalla imágenes amplificadas de objetos diminutos, o bien diapositivas en placas de cristal. El aparato del museo permite manejar placas de hasta 5x7 pulgadas.

Figura 7.43: Cámara de proyección o linterna mágica.

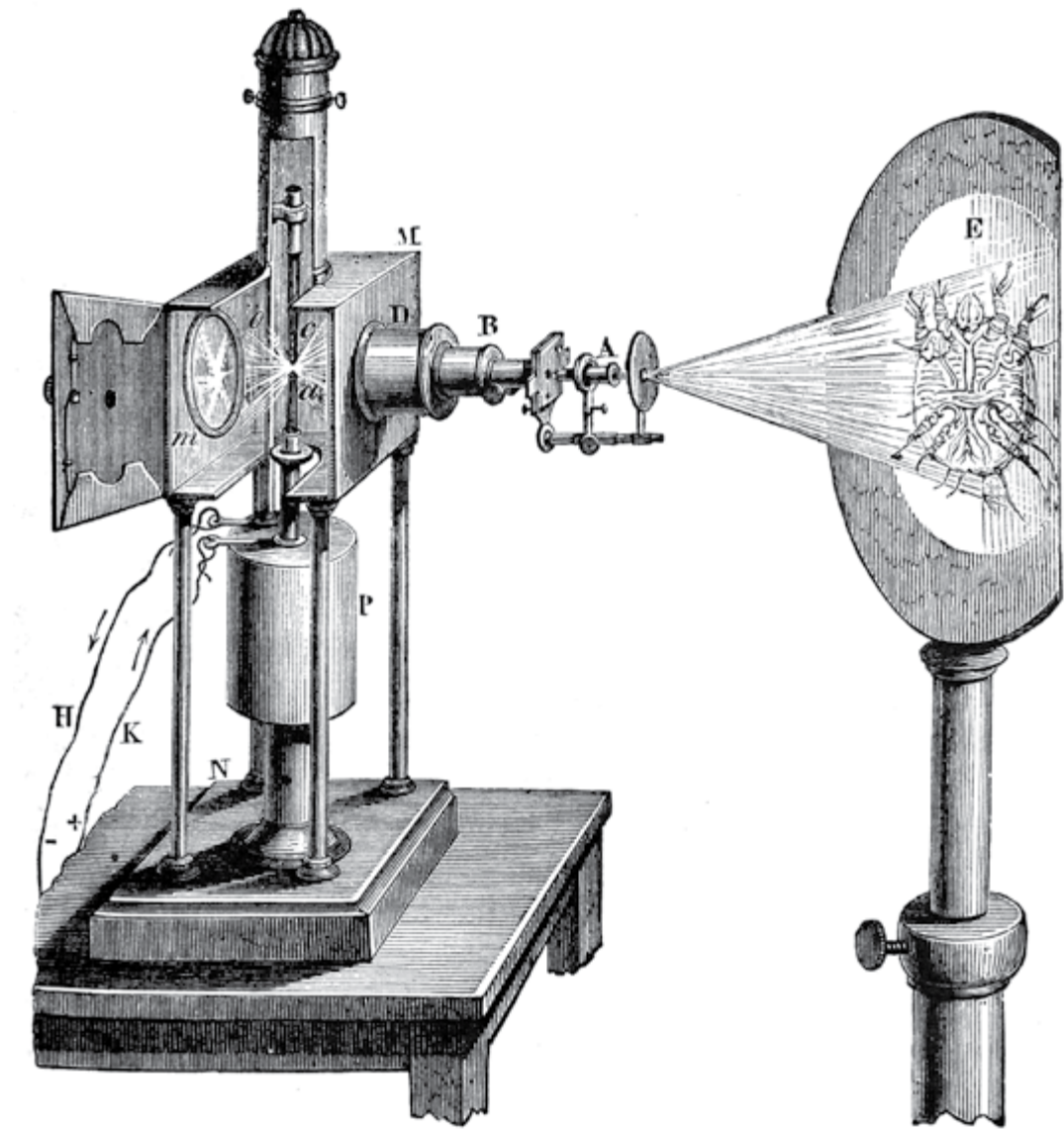


Figura 7.44: Grabado sobre el funcionamiento de la Cámara de Proyección o linterna mágica. Tomado del libro [1], p. 543.

Espectroscopio (Figuras 7.45 y 7.46)

Aparato desarrollado por Kirchhoff y Bunsen para el estudio de los espectros luminosos. Consta de tres anteojos montados en un pie común y cuyos ejes convergen hacia las caras de un prisma de vidrio *flint*. Alrededor del prisma puede girar solo un anteojo.

Ya en sus primeros experimentos con un prisma, hacia 1665, Isaac Newton notó que en el espectro de la luz solar existen líneas oscuras que se superponen al brillante arco iris de colores. A principios del siglo XIX Fraunhofer descubrió y catalogó varios cientos de ellas, pero la razón de su existencia seguía siendo desconocida. Hasta las investigaciones de Kirchhoff y Bunsen no se puso de manifiesto su verdadera naturaleza. Cada línea oscura corresponde a una de las líneas brillantes que serían producidas por un elemento incandescente y por lo tanto ambas pueden servir para identificar ese elemento.



Figura 7.45: Espectroscopio.

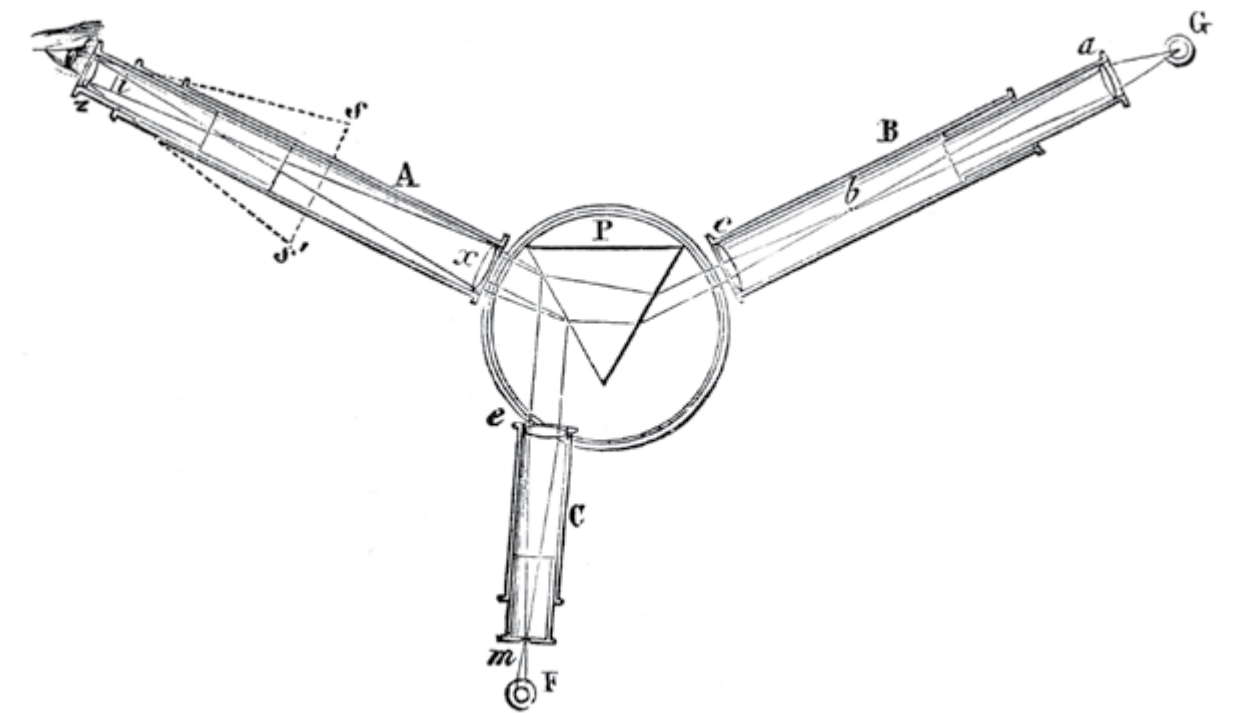


Figura 7.46: Grabado de un Espectroscopio y de la trayectoria de los haces de luz en su interior. Tomados del libro [1], pp. 510, 511.



Sextante (Figura 7.47)

Desde los primeros viajes oceánicos, los navegantes han tenido que fijar su posición en el mar mediante la medida de los ángulos que forman sobre el horizonte los cuerpos celestes, el sol, la luna y las estrellas. Los primeros instrumentos empleados para medir estos ángulos fueron los *astrolabios* y la *ballestilla*. Posteriormente se utilizó el octante, inventado por James Hadley en 1731, cuyo fundamento y diseño era semejante a la del sextante usado hoy día. El sextante ha permanecido esencialmente sin cambio desde 1800 hasta nuestros días.

Figura 7.47: Sextante fabricado por Benjamin Pike & Sons. Aparato empleado en las observaciones marítimas para medir la altura de los astros y los ángulos que forman sobre el horizonte.

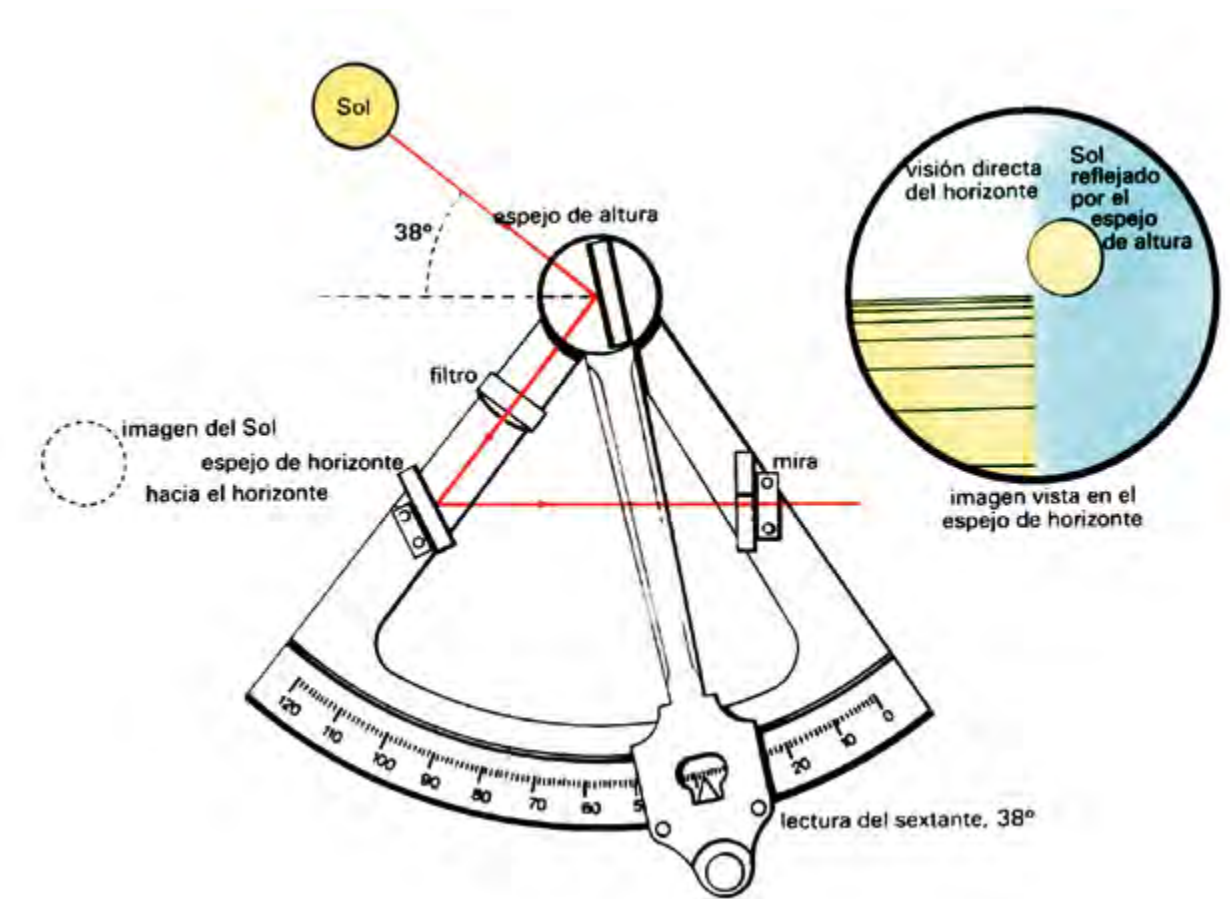


Figura 7.48: Dibujo esquemático que muestra el funcionamiento de un sextante.

Microscopio de Blink (Figura 7.49)

Instrumento usado para analizar placas de fotografía astronómica y de análisis espectral de estrellas.

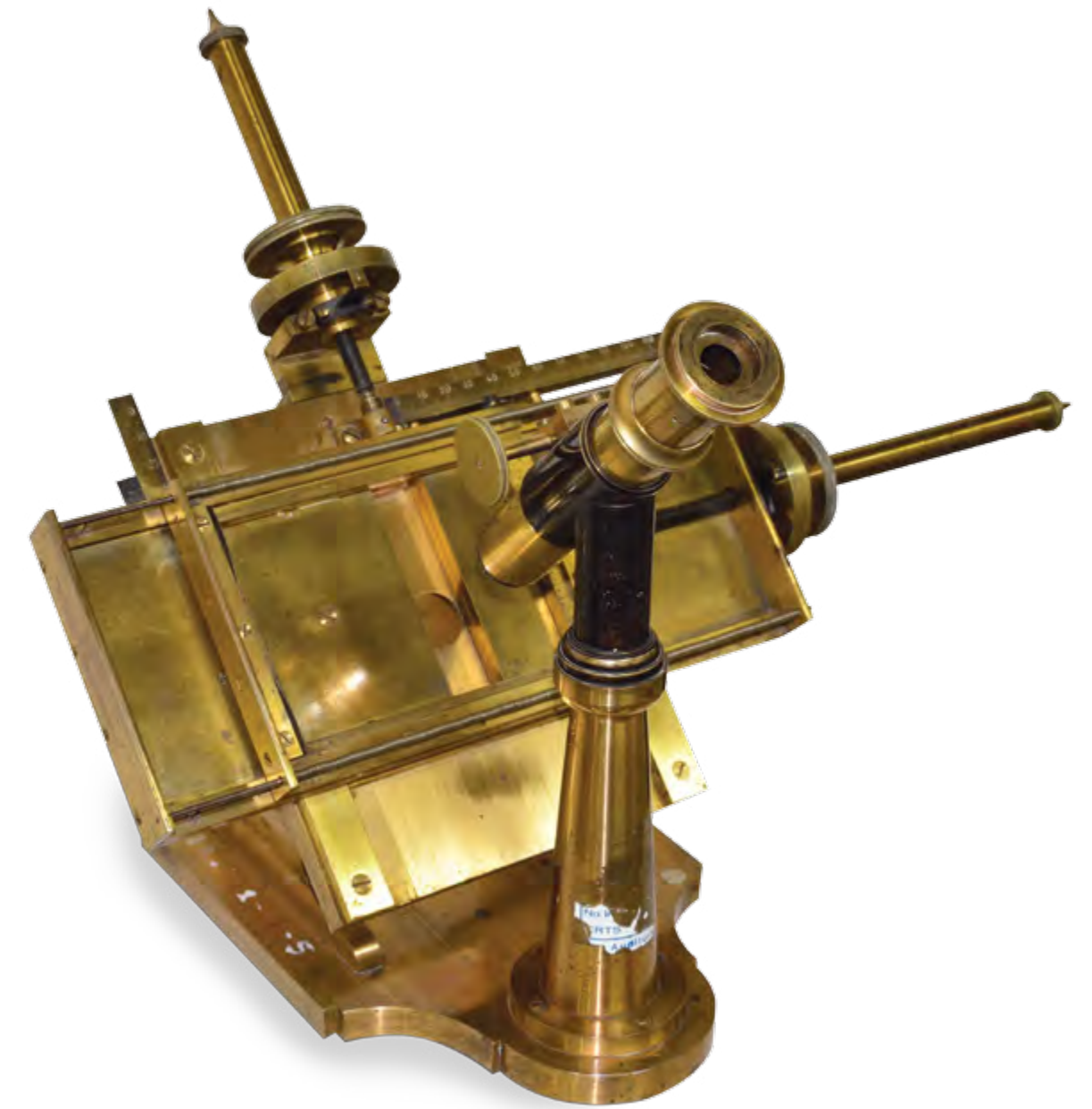
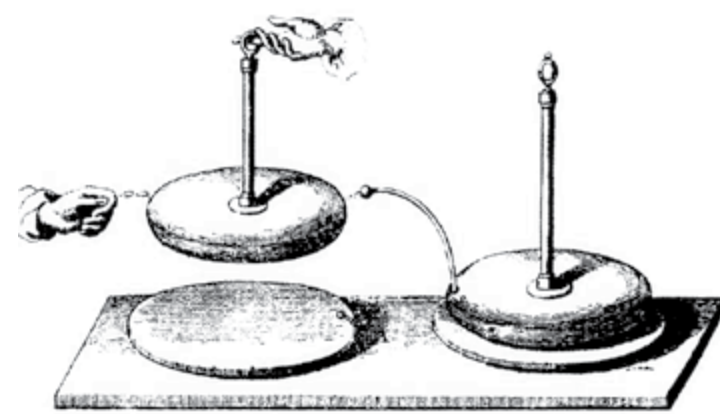


Figura 7.49: Microscopio de Blink.



7.6. Electricidad y magnetismo

7.6.1. Electrostática

Presentamos a continuación las fotografías y grabados de las máquinas electrostáticas conservadas actualmente en el Museo. La primera máquina electrostática y la más sencilla de todas fue el electróforo, inventado por Volta en 1775; figura 7.50. La base de ebonita se carga negativamente por frotamiento y cuando la placa de metal se coloca en la superficie, el fondo de la placa adquiere carga positiva, mientras la parte superior queda cargada negativamente. Al tocar la parte superior la carga negativa es eliminada, quedando entonces almacenada la carga positiva.

Figura 7.50: Electróforo. Este aparato, origen de las máquinas electrostáticas que se muestran a continuación, no pertenece al Museo y fue tomado del libro [20].

Máquina de Ramsden (Figuras 7.52 y 7.53)

Esta máquina fue desarrollada por Jesse Ramsden en Londres en 1776. Se compone de un disco circular de vidrio que gira por medio de un manubrio M, entre dos pares de almohadillas o frotadores. En su movimiento de rotación se electriza positivamente, mientras que las almohadillas se electrizan negativamente. Comunicando con el suelo las almohadillas por medio de cadena metálica D, pierden continuamente su carga, no quedando más que la positiva en la superficie del disco. Por influencia sobre los conductores C el disco atrae las cargas negativas, que escapándose por las puntas son neutralizadas en la superficie del disco a medida que se producen, dejando sobre los conductores solo las cargas positivas.

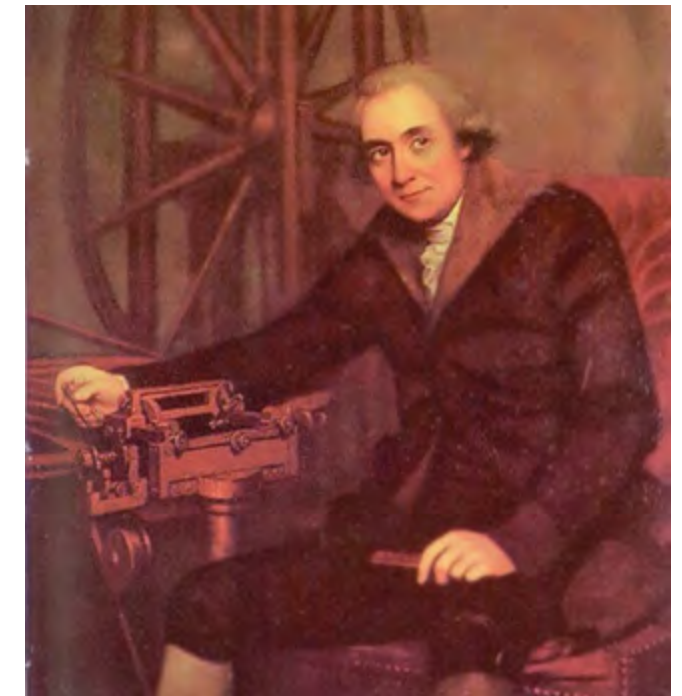


Figura 7.51: Jesse Ramsden.



Figura 7.52: Máquina de Ramsden.

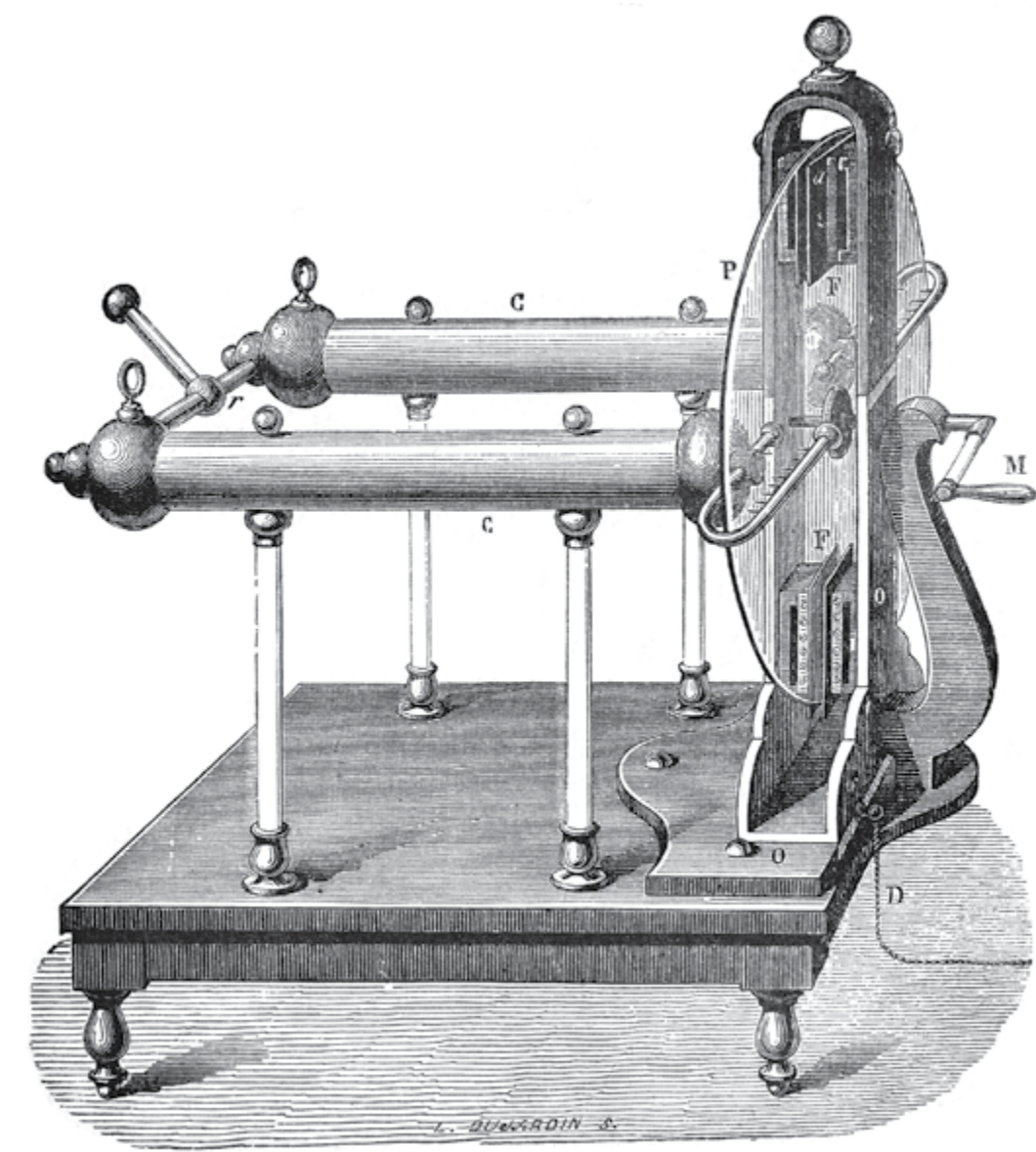


Figura 7.53: Máquina de Ramsden. Grabado tomado del libro [1], p. 647.

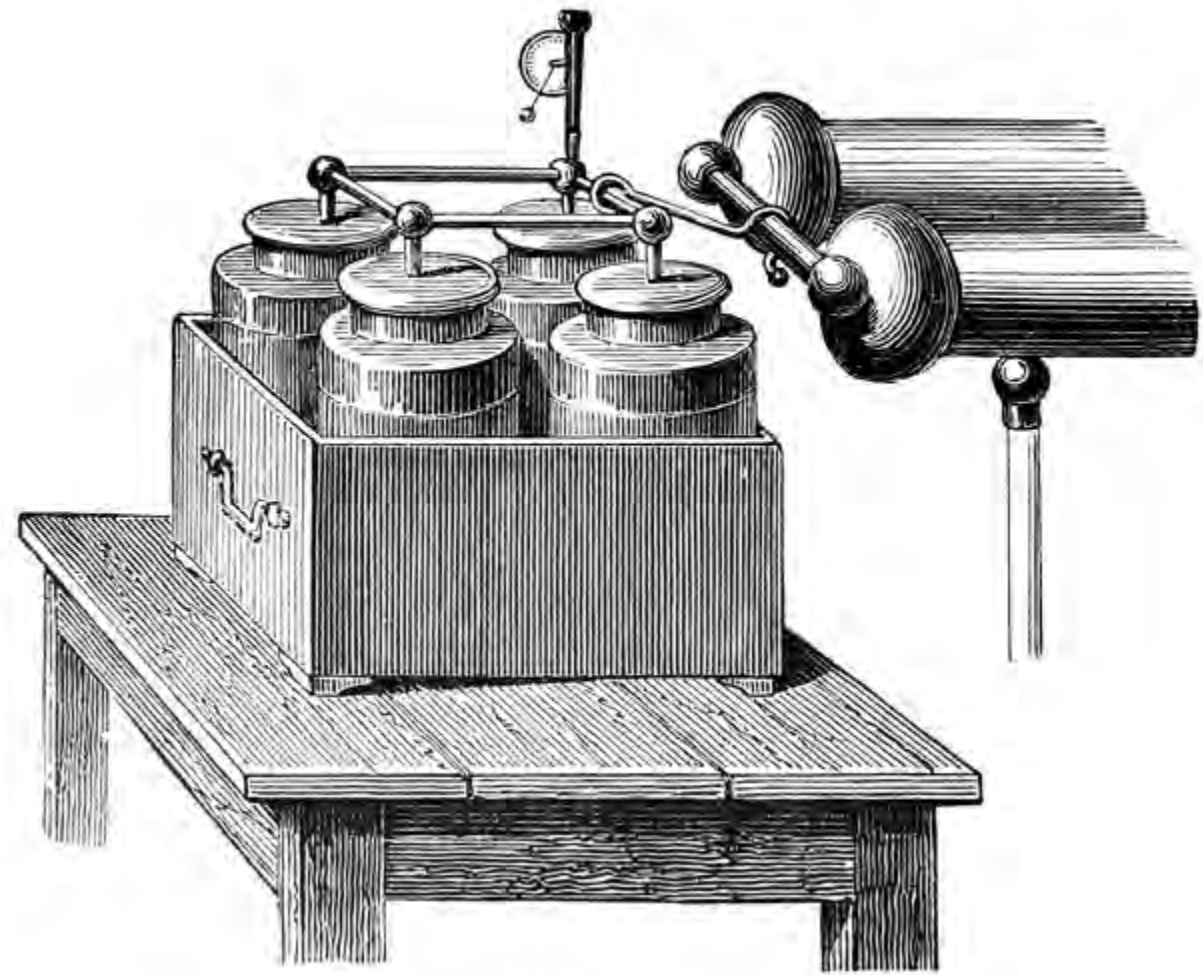


Figura 7.54: Botellas de Leyden conectadas a la máquina de Ramsden. Grabado tomado de [1], p. 677. En la parte superior de una de las botellas se observa un electrómetro de cuadrante.

Botellas de Leyden (Figura 7.54)

Máquina electrostática de influencia de Wimshurst (Figuras 7.56 y 7.57)

A diferencia de otras máquinas electrostáticas llamadas de fricción, ésta es una máquina de influencia. Esta máquina es capaz de desarrollar voltajes del orden de decenas de miles de voltios y puede hacer funcionar tubos de rayos X. Fue muy empleada en los laboratorios de física y gabinetes médicos.

La máquina consta de dos discos de vidrio que giran en sentido contrario que llevan segmentos metálicos en sus caras externas, los cuales se cargan a medida que pasan frente a dos juegos de escobillas montados perpendicularmente. Las cargas de estos segmentos pasan a dos pares de brazos montados a los lados y son almacenadas en un par de botellas de Leyden, una a cada lado y que sirven de capacitores.



Figura 7.55: James Wimshurst. Fotografía obtenida del libro [20], p. 9.



Figura 7.56: Máquina electrostática de influencia de Wimshurst. Se puede observar que faltan los capacitores.

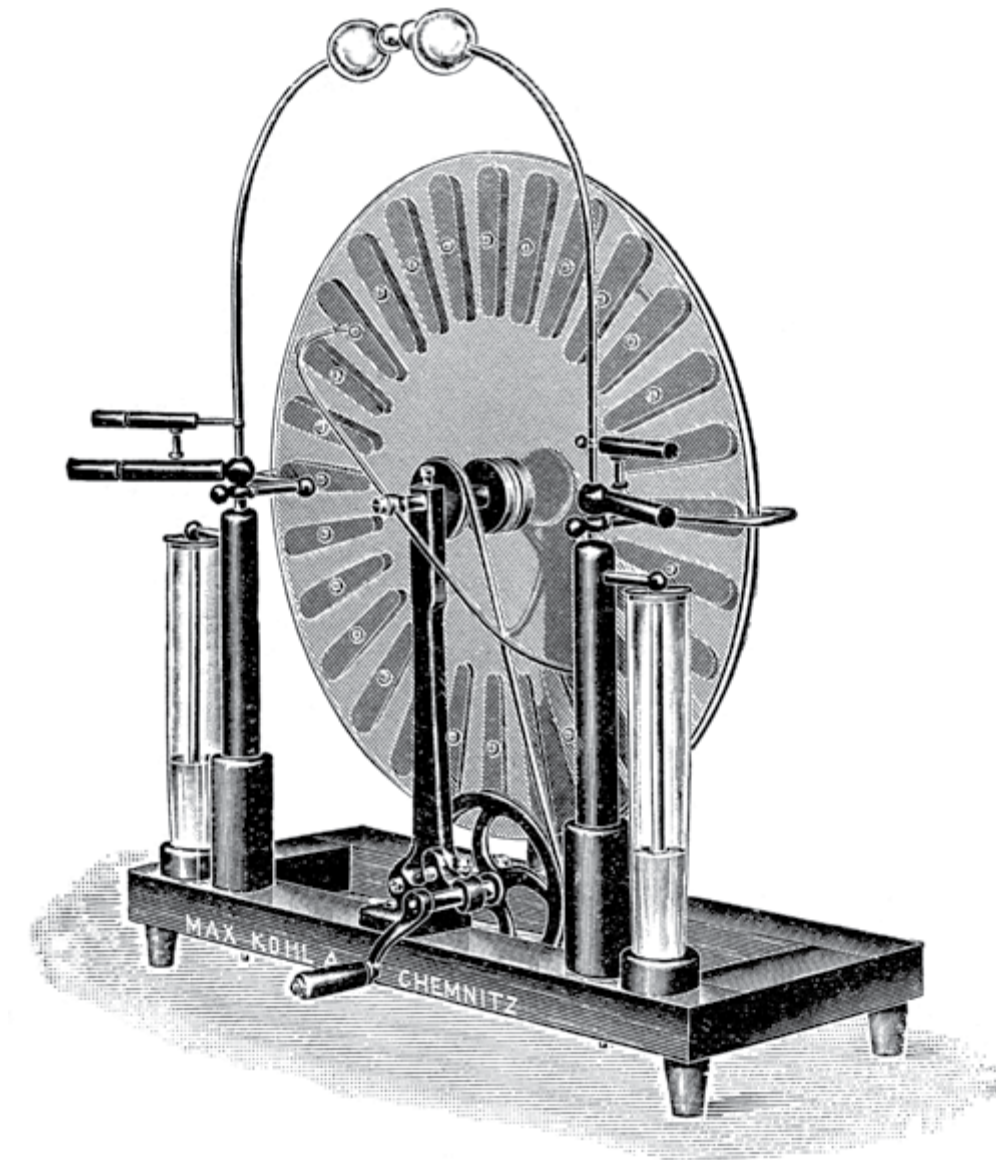


Figura 7.57: Máquina electrostática de influencia de Wimshurst. Grabado tomado del libro [53], p. 820.



Máquina electrostática de Carré
(Figuras 7.58 y 7.59)

Esta máquina fue inventada por Ferdinand Carré en París. Consta de dos discos que giran en sentido contrario, de los cuales el mayor B es de ebonita y el pequeño A de vidrio. El disco A gira lentamente por medio del manubrio M, en tanto que el B recibe un rápido movimiento de rotación por medio de la correa que va de una polea grande a otra pequeña. El disco A después de haberse electrizado positivamente entre dos frotadores F y F', actúa por inducción a través de platillo B sobre un peine *i*. Así el conductor *d* fijo al peine se electriza positivamente. Esto deja las cargas negativas depositadas en el disco B. Girando después rápidamente el disco B va a inducir un segundo peine *g*, por medio del cual sus trae la electricidad positiva del conductor C dejándolo cargado negativamente. El disco B vuelve pues al estado neutro.

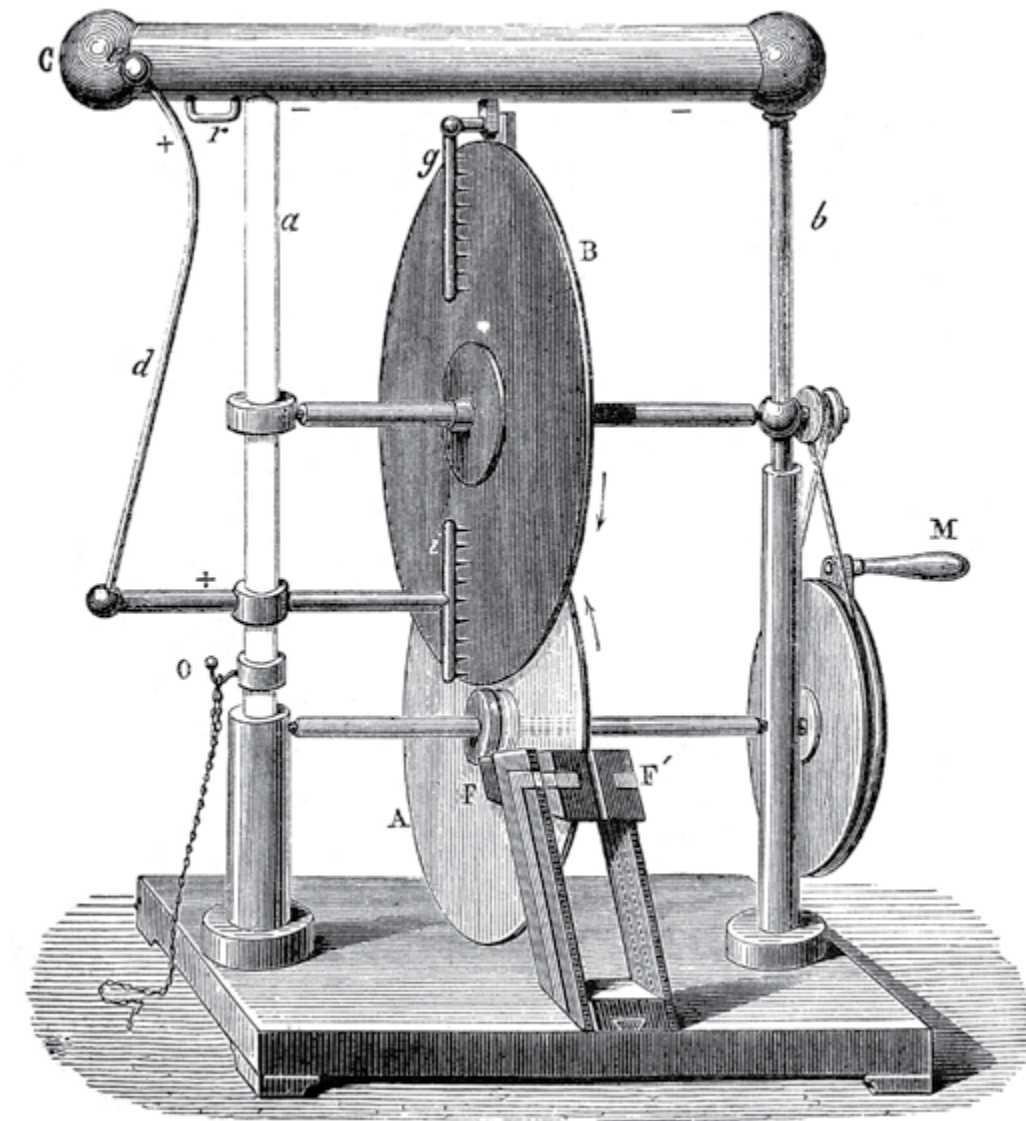


Figura 7.59: Grabado de la máquina electrostática de Carré tomado del libro [1], p. 658.



Máquina de Nairne (Figuras 7.60 y 7.61)

Con el fin de tratar algunas enfermedades con electricidad, Nairne desarrolló en Inglaterra una máquina eléctrica que produce cargas positivas y negativas. Está formada de dos conductores aislados entre sí, uno de ellos está provisto de un frotador de cuero C y el otro de un peine P; entre ambos hay un cilindro de vidrio M que se hace girar por medio de un manubrio, tocando por un lado el frotador y pasando por el otro muy cerca del peine. Cuando se hace girar el cilindro, el frotador C y el conductor A se cargan negativamente y el vidrio positivamente, al pasar rasando las puntas del peine, el vidrio del cilindro sustrae la carga negativa del conductor B, el cual queda cargado positivamente.

Figura 7.60: Dos vistas de la máquina de Nairne.

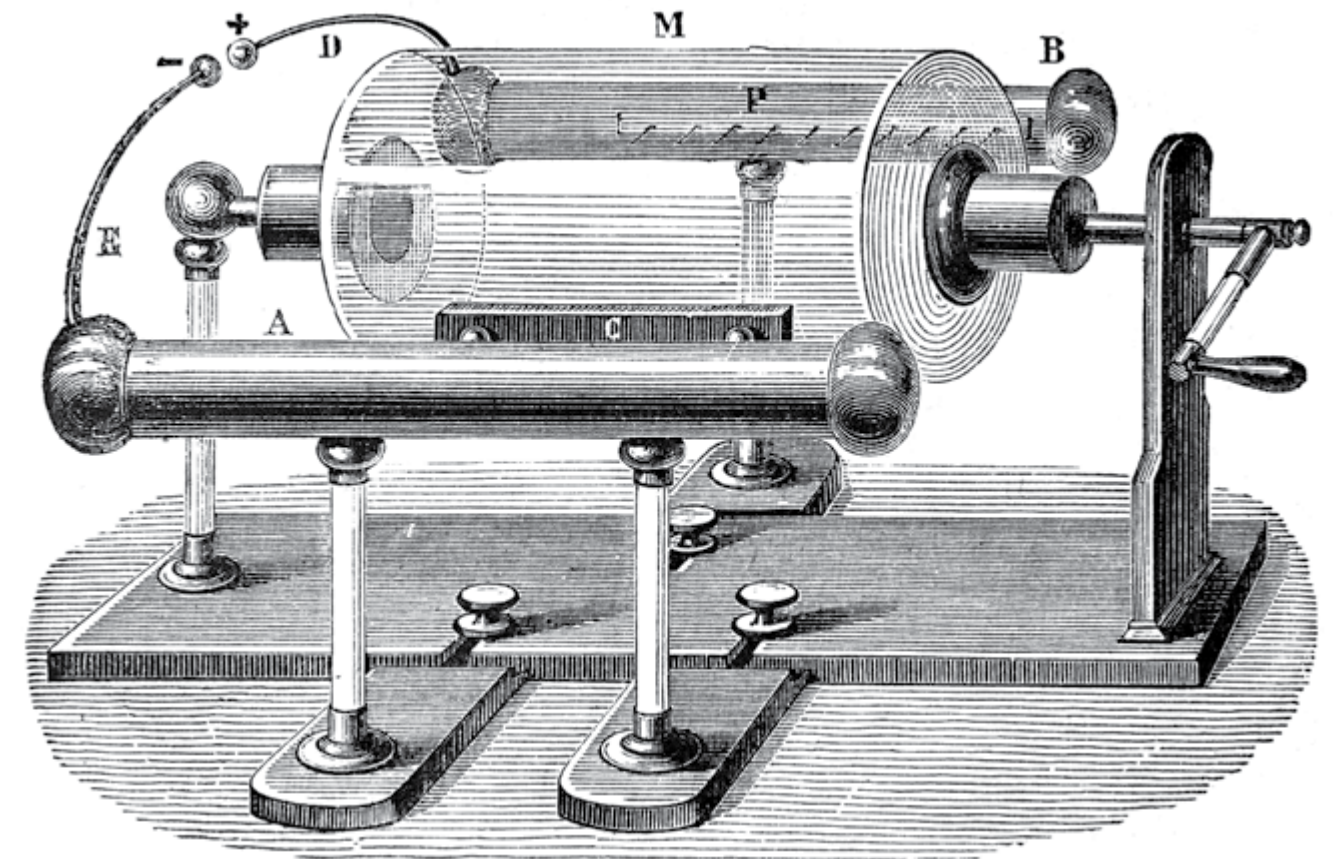


Figura 7.61: Grabado de la máquina de Nairne tomado del libro [1], p. 650.



Máquina de Le Roy (Figura 7.62)

Se trata de una máquina electrostática de frotamiento y consta de un solo disco de vidrio. Su construcción es más simple que las anteriores.

Figura 7.62: Máquina de Le Roy.



Cuerpos conductores (Figura 7.63)



Figura 7.63: Conductores de diversas formas para el estudio de la distribución de las cargas eléctricas en su superficie.



7.6.2. Electrodinámica

Pilas de Wollaston (Figuras 7.64 y 7.65)

Esta pila que lleva el nombre de su inventor es una modificación de la de Volta, pero muy importante, en razón de que está diseñada de modo que solo funciona durante el tiempo necesario para ser utilizada. Los elementos metálicos se levantan por medio de un manubrio.

Figura 7.64: Pilas de Wollaston.

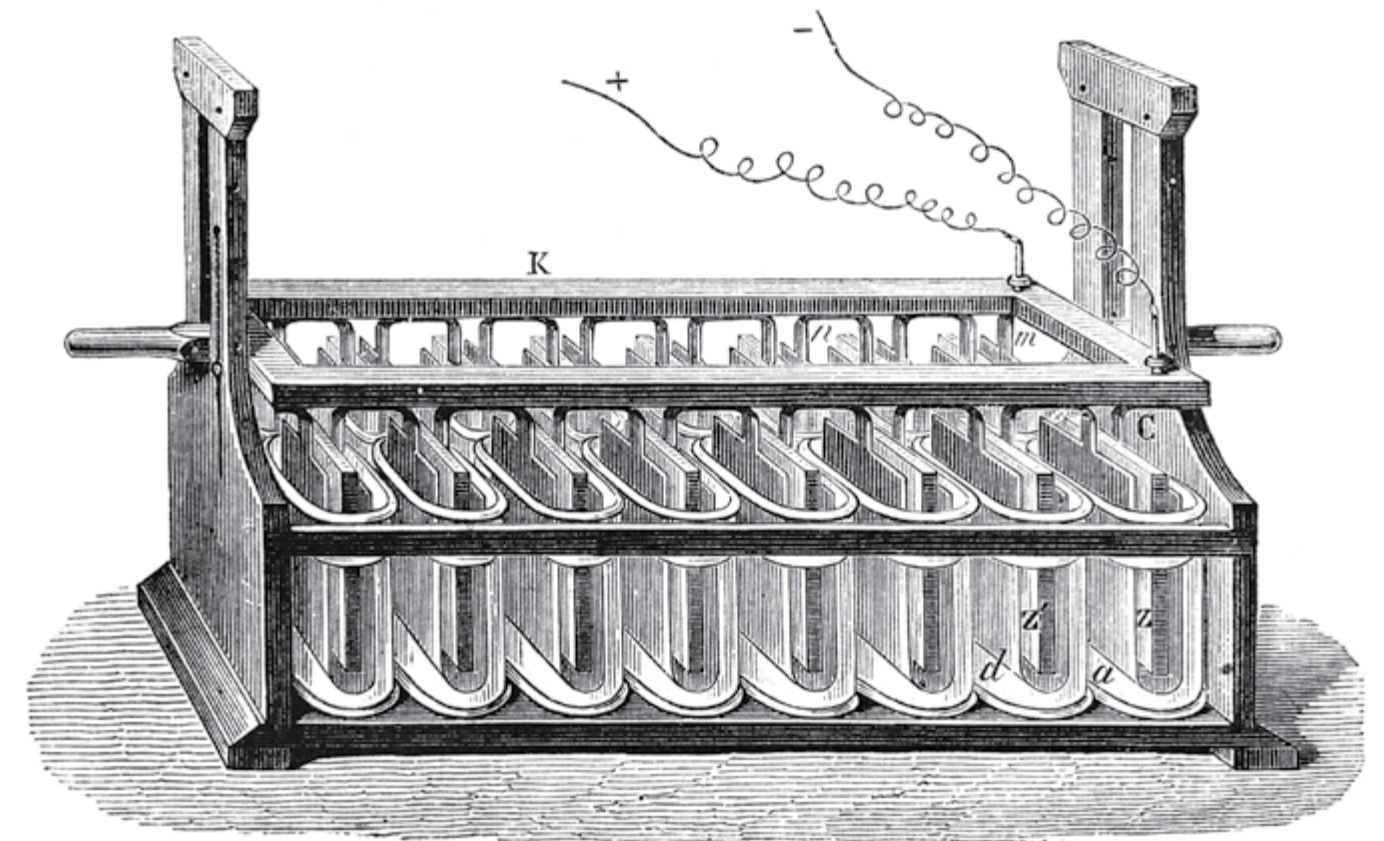


Figura 7.65: Grabado de pilas de Wollaston tomado de [1], p. 701.



Paquitropo (Figuras 7.66 y 7.67)

Se trata de un interruptor múltiple que permite hacer diferentes conexiones a voluntad.

Figura 7.66: Paquitropo.

Figura 7.67: Grabado de paquitropo tomado de [53], p. 868.

Ampolla eléctrica (Figuras 7.68 y 7.69)

Desde principios del siglo XVIII se había observado que las chispas de una máquina eléctrica saltaban a mayor distancia en el aire enrarecido que en el aire a presión normal. En 1838 Faraday inició el estudio de las descargas eléctricas en tubos de cristal conteniendo gases a baja presión, observando interesantes efectos luminosos, los cuales intrigaron a los científicos estudiosos de la electricidad. Con el mejoramiento de las máquinas neumáticas en la segunda mitad del siglo XIX se lograron vacíos muy elevados en los tubos de descarga, como en la llamada *ampolla eléctrica* y se efectuaron nuevos descubrimientos sobre las descargas en el vacío. Estos experimentos condujeron finalmente al descubrimiento de los rayos X, del electrón, de la radiactividad, de las válvulas electrónicas y finalmente de la teoría atómica.



Figura 7.68: Ampolla eléctrica. El estudio de las descargas eléctricas en el vacío se efectúa por medio de este aparato.

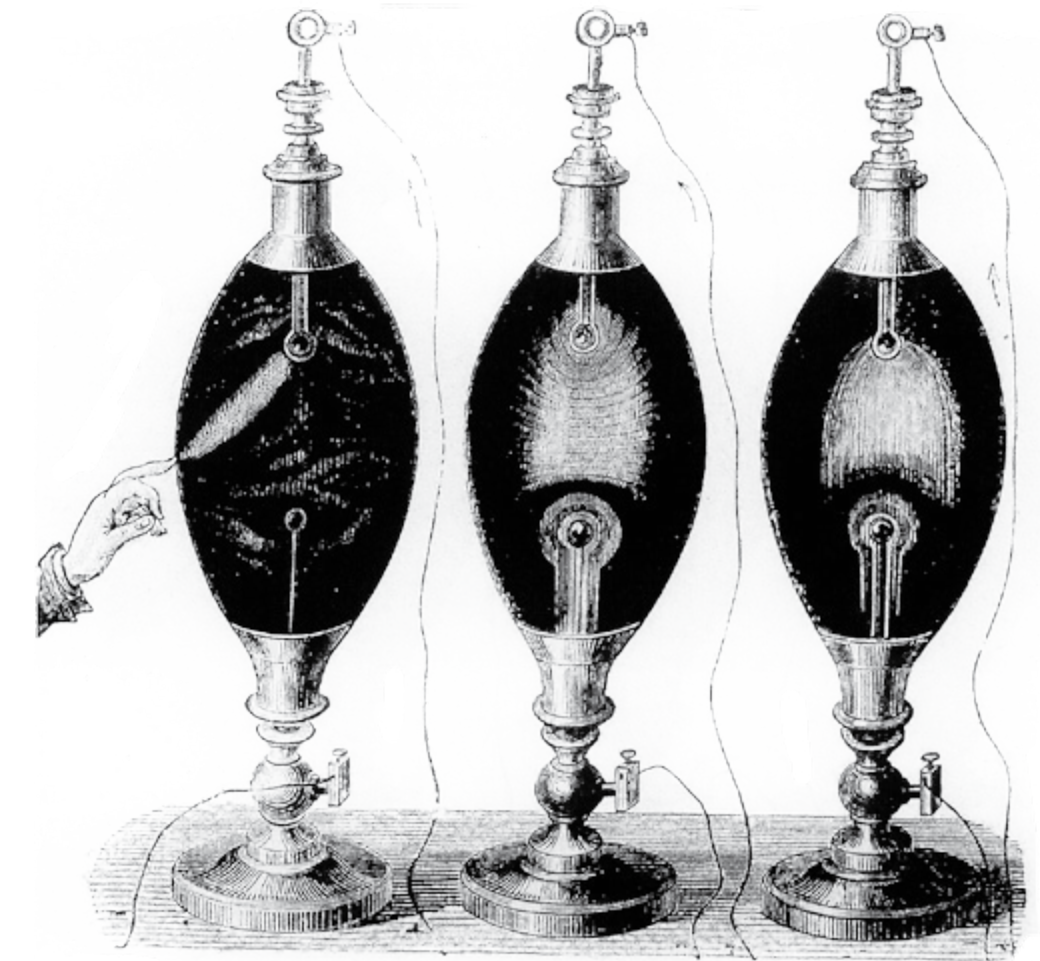


Figura 7.69: Grabado de descargas en ampolla eléctrica (huevo eléctrico), tomado de [1], p. 844.



Motor de Faraday (Figuras 7.70 y 7.71)

Un alambre delgado y rígido suspendido de un pivote gira alrededor de los polos de un imán describiendo una superficie cilíndrica, cuando es recorrido por una corriente eléctrica. La corriente llega a un depósito de mercurio donde se sumerge las extremidades del alambre y sale por el extremo suspendido. Esta descripción corresponde al aparato de la Figura 7.71.

Figura 7.70: Aparato para el estudio de la interacción entre el campo magnético de un imán o de una bobina y una corriente eléctrica (origen del motor eléctrico). Se observa que falta el soporte del alambre que giraría.

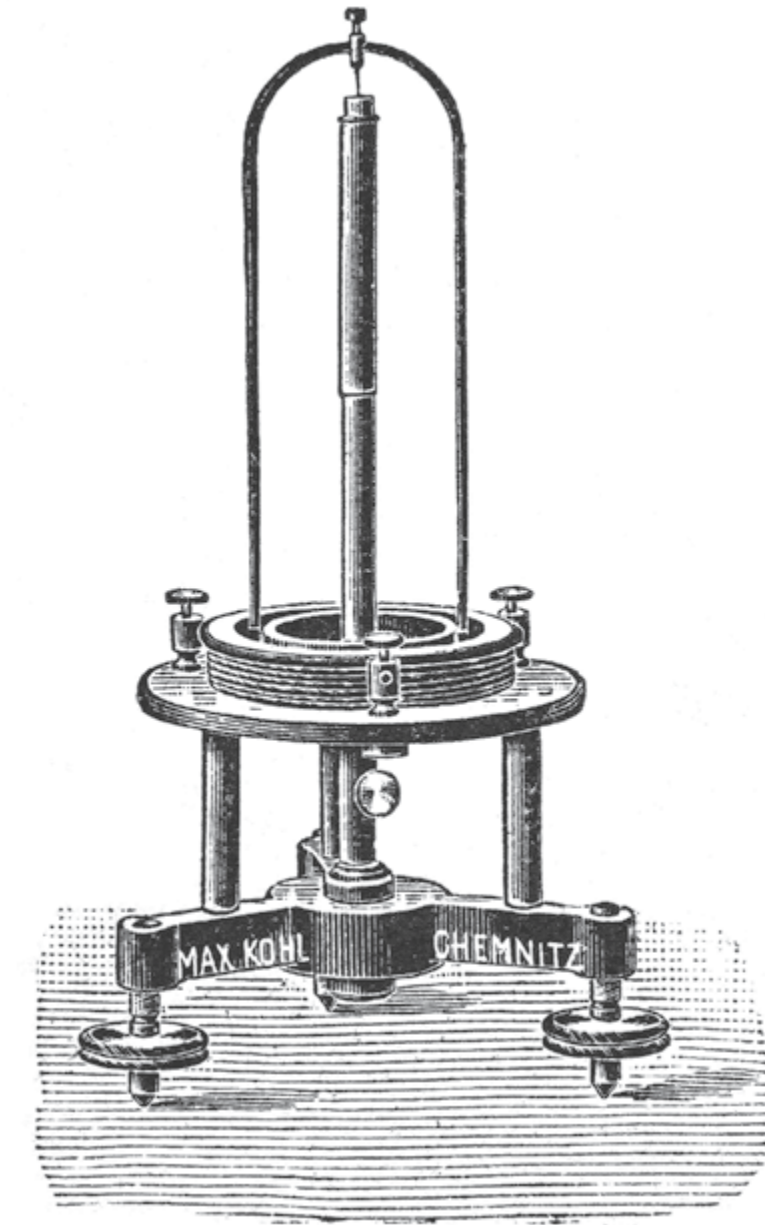


Figura 7.71: Grabado de aparato experimental de Faraday, tomado de [53], p. 970.



Máquina de Clarke (Figuras 7.72, 7.73 y 7.74)

Se llaman máquinas magnetoeléctricas unos aparatos en los que se desarrollan corrientes eléctricas por inducción de barras imantadas que giran delante de carretes fijos o por la inducción de imanes fijos ante los cuales giran carretes con gran velocidad; tales son las máquinas de Pixii, Clarke, Nolet y Gramme. La máquina de Clarke consta de un poderoso imán A en herradura y dos carretes B B' móviles alrededor de un eje horizontal. Un gran volante R hace girar los carretes a gran velocidad, generando una intensa corriente alterna, la cual es rectificada por un conmutador como el que se muestra en la Figura 7.74.

Figura 7.72: Máquina de Clarke.

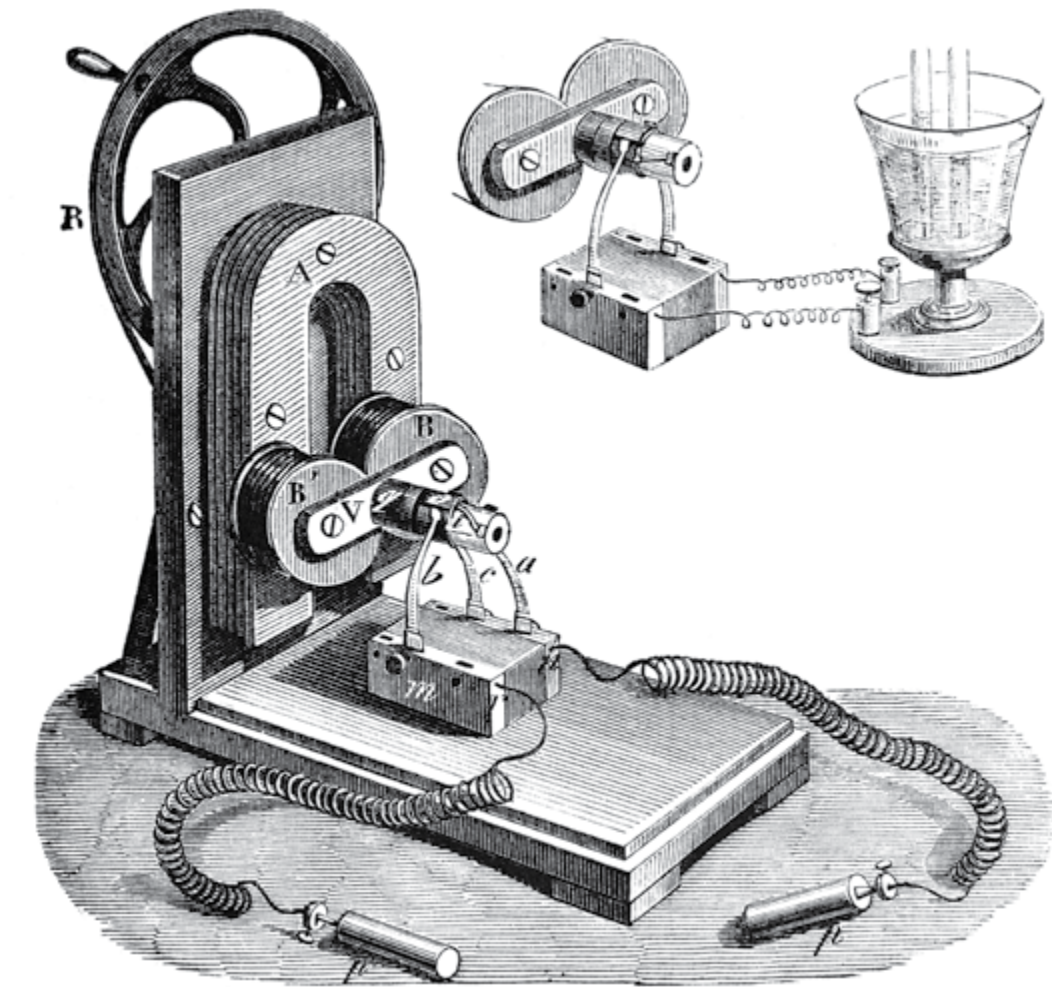


Figura 7.73: Máquina de Clarke. Grabado obtenido del libro [1], p. 849. En la parte superior derecha se muestra un experimento para la descomposición del agua.

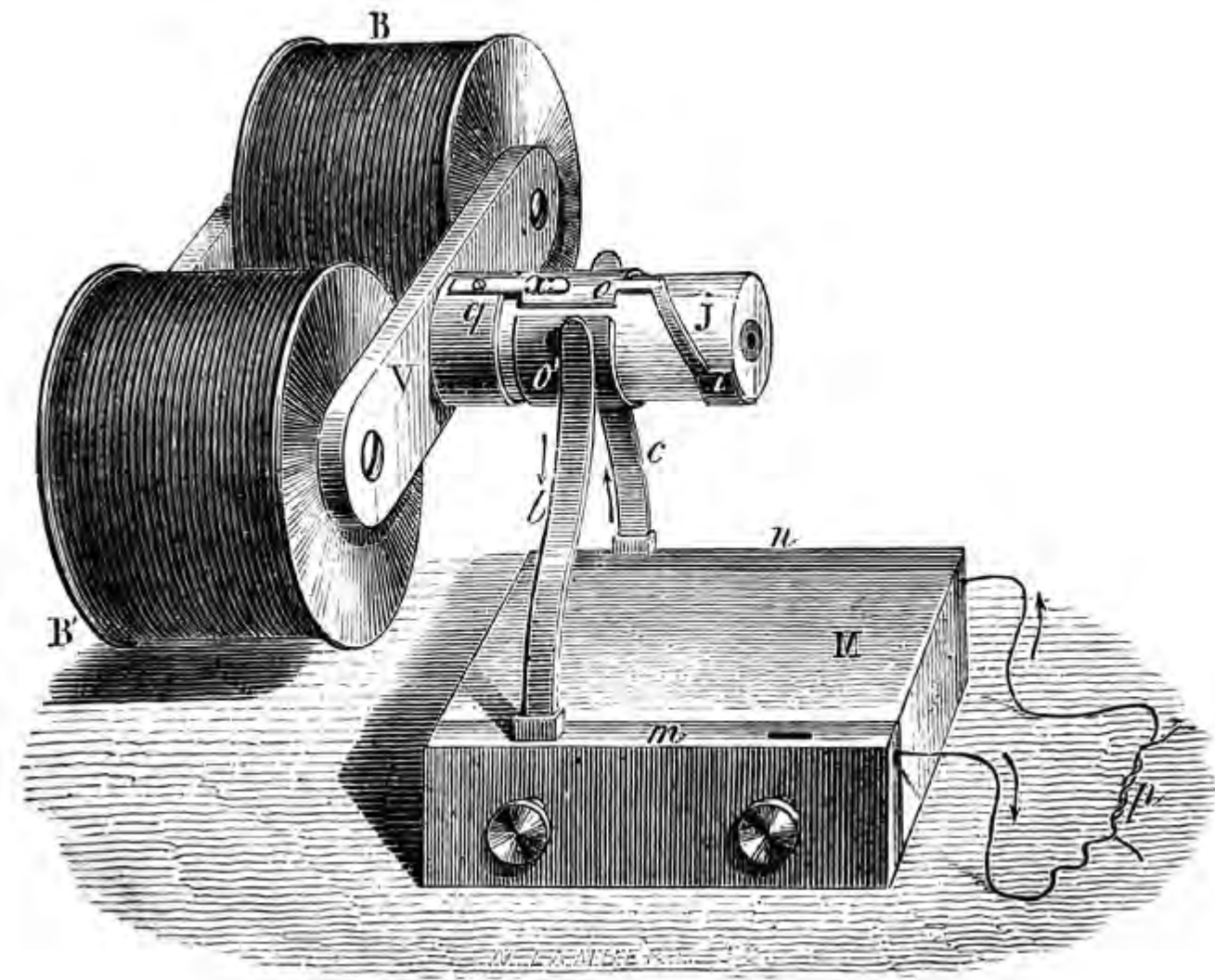
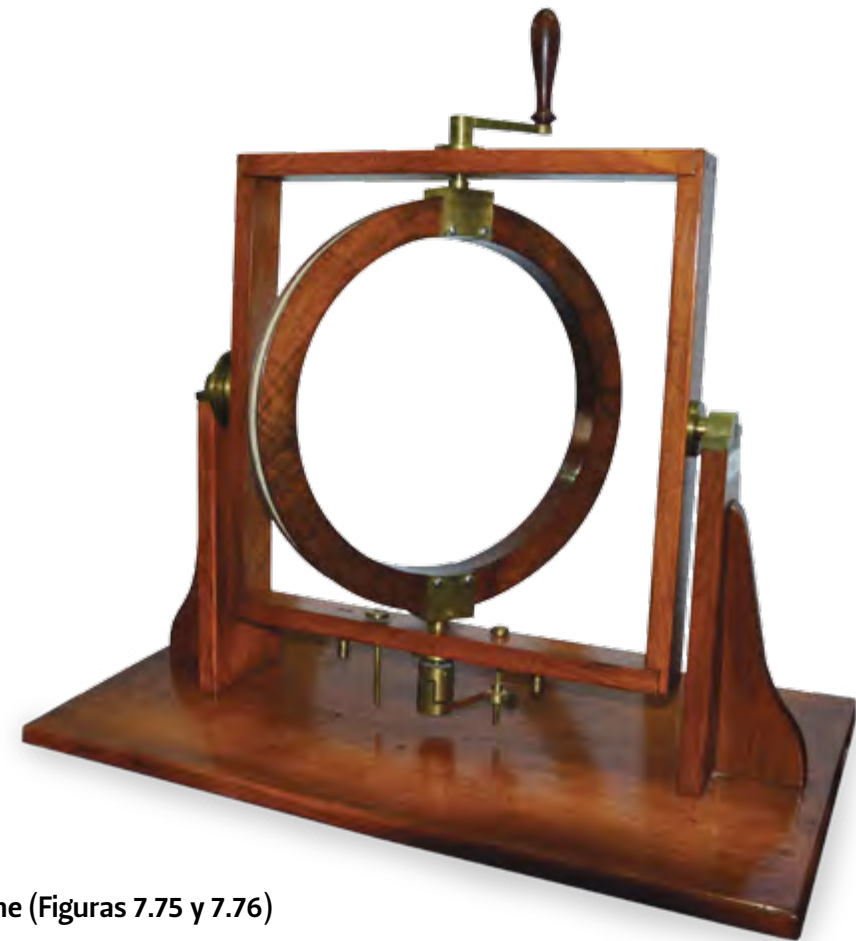


Figura 7.74: Detalle del conmutador de la máquina de Clarke. Grabado obtenido del libro [1], p. 851.



Bobina de Delezene (Figuras 7.75 y 7.76)

Este aparato sirve para mostrar la generación de corrientes inducidas por la acción del magnetismo terrestre. Se compone de un aro de madera R S de cerca de un metro de diámetro fijo a un eje al que se puede dar un movimiento de rotación por medio de un manubrio M y que se haya sobre un bastidor P Q móvil en torno a un eje horizontal. La corriente generada por el anillo llega a un conmutador análogo al del aparato de Clarke (Figura 7.74) obteniéndose una corriente en el mismo sentido. La corriente es detectada con un galvanómetro.

Figura 7.75: Bobina de Delezene.

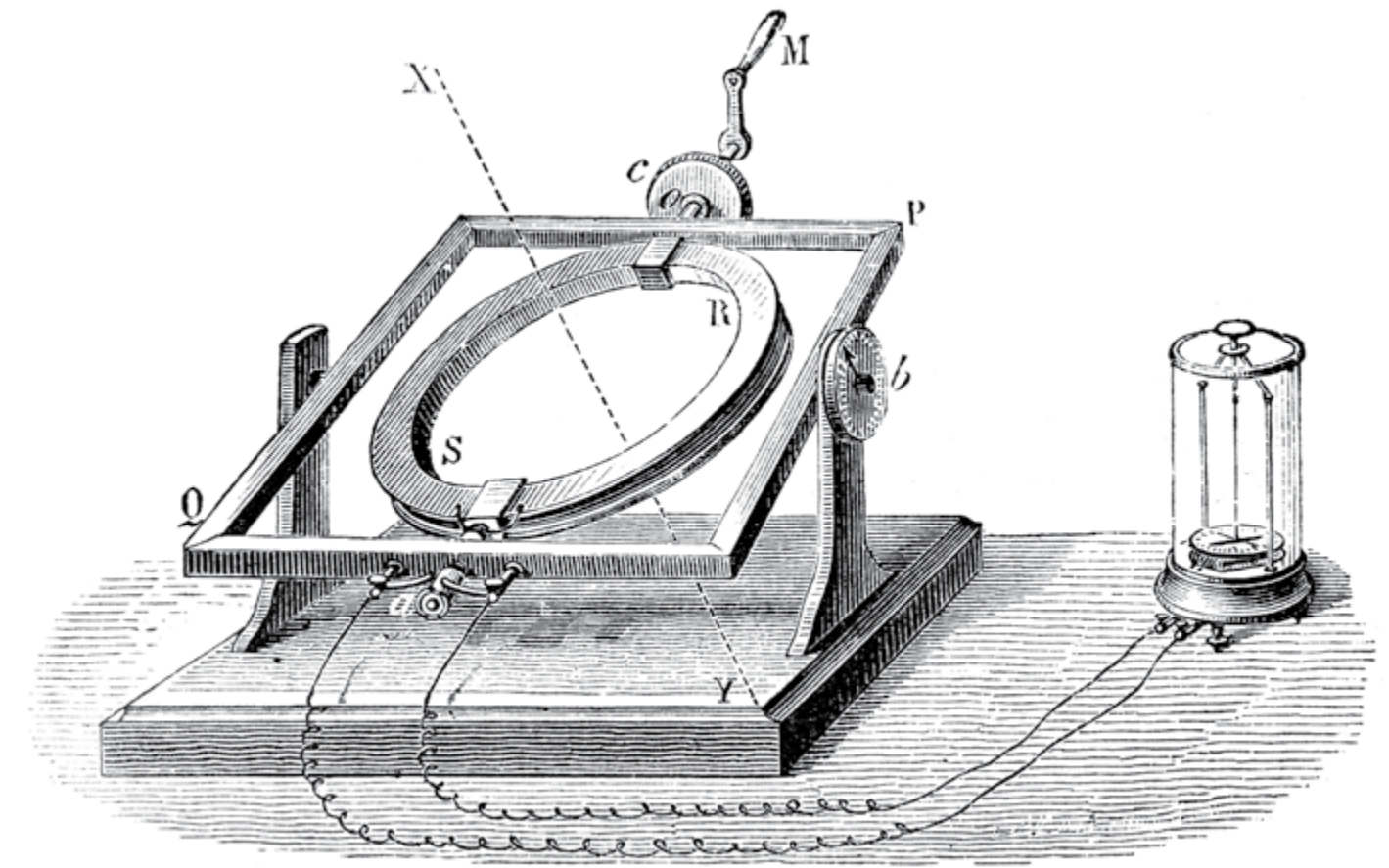


Figura 7.76: Bobina de Delezene. Grabado obtenido del libro [1], p. 829.



Conmutador de Bertín (Figuras 7.77 y 7.78)

Los conmutadores son aparatos para invertir según se necesite el sentido de las corrientes eléctrica y para abrirlas o cerrarlas. El aparato de Bertín ofrece la ventaja de mostrar el sentido en que se quiere establecer la corriente.

Figura 7.77: Conmutador de Bertín con bobina.

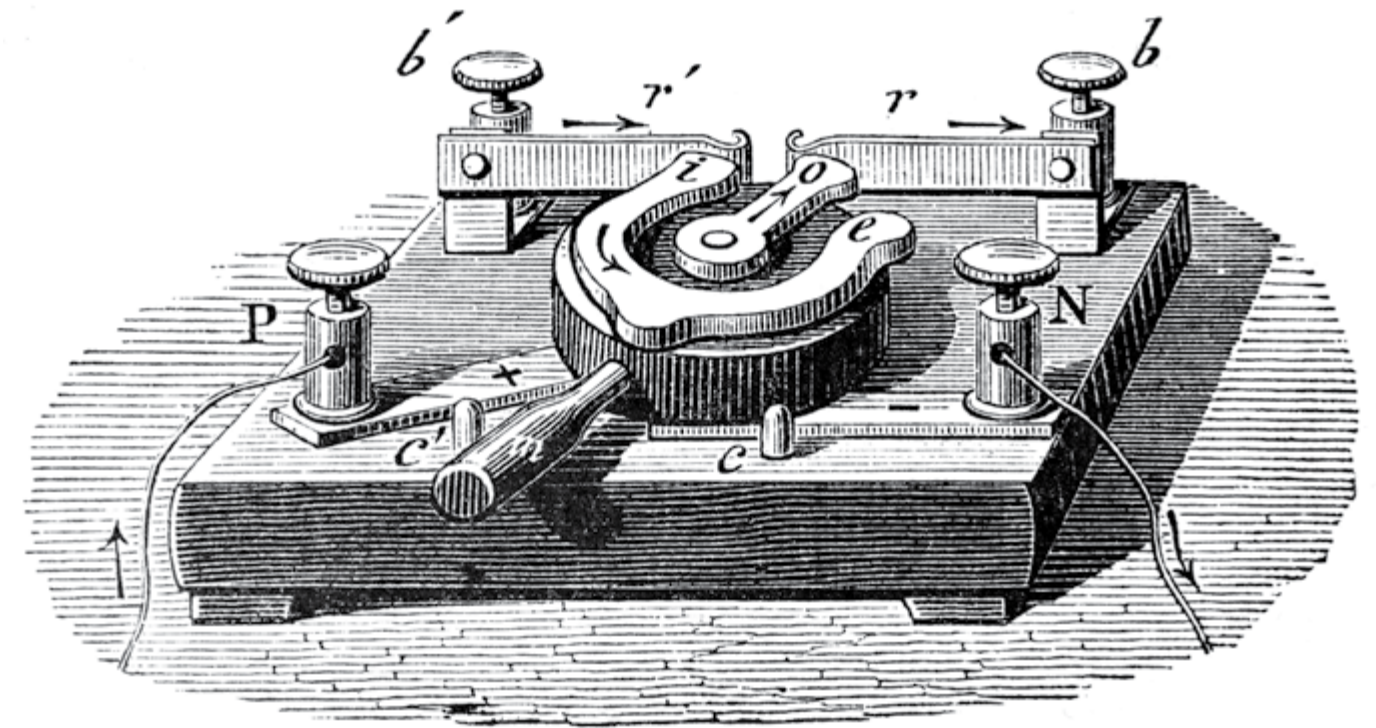


Figura 7.78: Conmutador de Bertín. Grabado obtenido del libro [1], p. 783.

Arco voltaico de Gaiffe (Figura 7.79)

Las primeras lámparas eléctricas de arco necesitaban un regulador para conservar fijo el punto luminoso y al mismo tiempo para mantener constante la separación entre los dos carbones, puesto que si estuvieran fijos, después de cierto tiempo su separación sería muy grande para dejar pasar la corriente. En 1845 se construyeron las primeras lámparas con regulador en Londres. Posteriormente, en Francia, Foucault fue el primero que diseñó un regulador que hacía avanzar los carbones el uno hacia el otro con velocidades proporcionales a su desgaste. Más adelante Serrín, Gaiffe y otros construyeron reguladores en los que la misma corriente del alumbrado, al pasar por un electroimán, hacía el oficio de regulador.



Figura 7.79: Arco voltaico de Gaiffe con regulador.

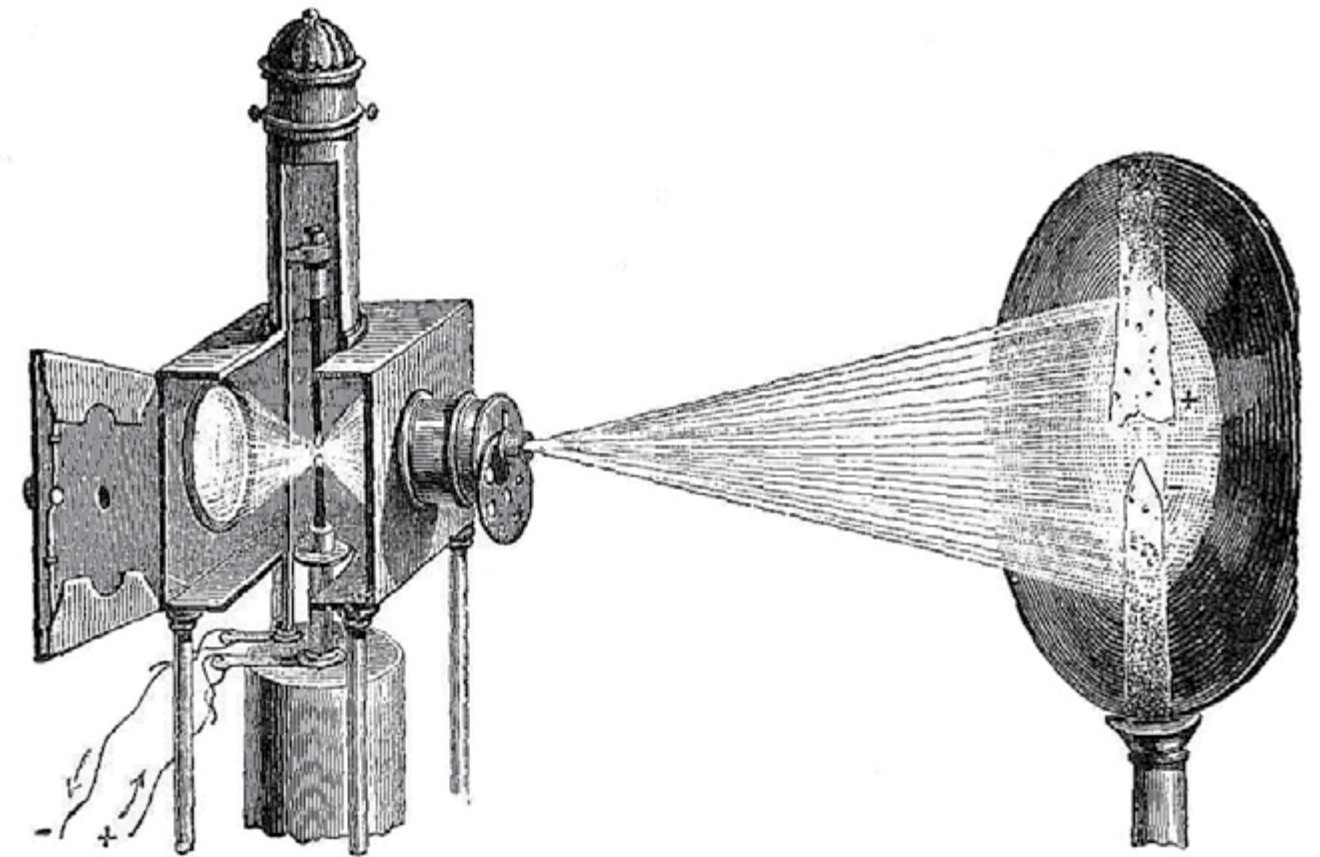


Figura 7.80: El arco está dispuesto dentro de un aparato de proyección para la observación de los carbones. Grabado tomado de [1], p. 726.

7.7. Aparatos de la Estación Sismológica y Observatorio Meteorológico

Sismógrafo (Figura 7.81)

El sismógrafo es un aparato fundado en la inercia de una gran masa suspendida elásticamente de un bastidor rígido y solidario del suelo; cuando este se mueve, la masa conserva su posición y por consiguiente la distancia entre ambos elementos experimenta una variación que es registrada en un papel arrastrado por un mecanismo de relojería. Según como se suspenda o disponga la masa, el aparato será sensible a una u otra de las tres componentes del movimiento del suelo (longitudinal, transversal y vertical). Así, pues, una buena estación sismológica necesita por lo menos tres sismógrafos, aunque en realidad debe disponer de un número mayor, porque los instrumentos que son sensibles a las oscilaciones de corto periodo no sirven para detectar las de largo periodo [79].

En la Figura 7.81 se observa el sismógrafo que perteneció a la estación sismológica que estuvo situada en un sótano especial en el lado norte del tercer patio del edificio Carolino.



Figura 7.81: Sismógrafo de vertico-horizonta John Milne de registro automático.

Sismoscopio (Figura 7.82)

Con ese aparato podemos observar el principio en que se funda el sismógrafo: el papel y su soporte oscilan, mientras el peso suspendido y su estilete permanecen fijos.



Figura 7.82: Sismoscopio.

Barómetro (Figuras 7.83 y 7.84)

La presión atmosférica se mide en centímetros de mercurio con instrumentos llamados barómetros. Todos los buenos barómetros son aplicaciones del experimento de Torricelli. El barómetro mostrado en la Figura 7.83 no es un barómetro de mercurio, es un barómetro metálico llamado de Vidi. El cual se gradúa por comparación con un barómetro de mercurio. En la Figura 7.84 se presenta un barómetro de sifón, el cual consiste esencialmente en un tubo de vidrio encorvado en dos ramas desiguales: la más pequeña está abierta y en la superficie del mercurio hay un flotador. El hilo que lo suspende pasa a través de una polea O, señalando la presión en un cuadrante graduado.



Figura 7.83: Barómetro.

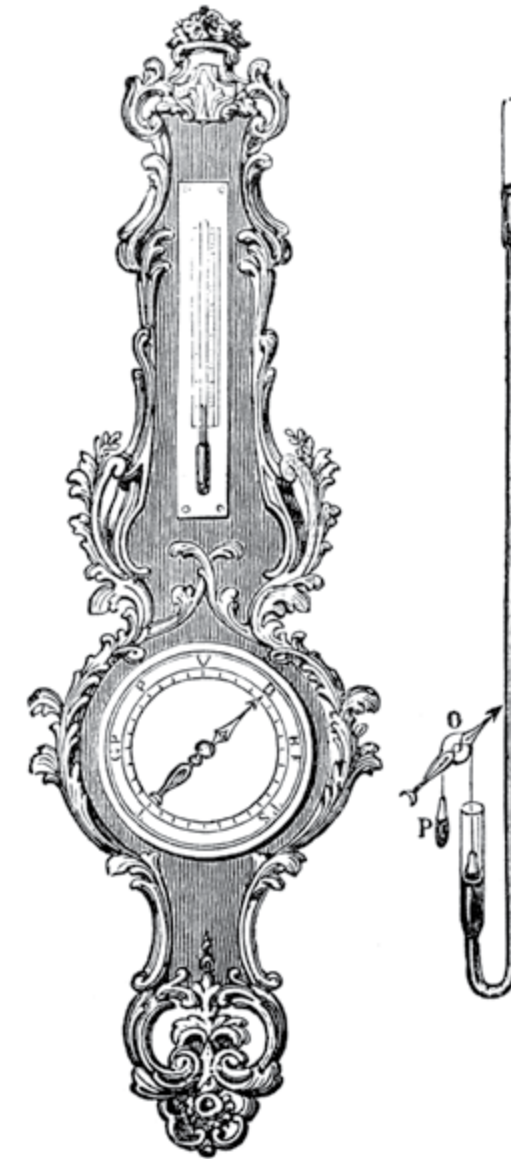


Figura 7.84: Barómetro de sifón. Grabado tomado de [1], p. 128.



Barógrafo (Figuras 7.85 y 7.86)

El barógrafo es un barómetro que mide y registra la presión atmosférica. Existen diferentes tipos de barómetros: de fortín, de sifón, y aneroides. El aparato mostrado es un barógrafo aneroides. Su funcionamiento se basa en las deformaciones de un fuelle formado por pequeños tambores al vacío, que son sensibles a las variaciones de presión atmosférica: se comprime a altas presiones y se estira a bajas. La compresión del fuelle es transmitida por un sistema de palancas a un brazo registrador con una pluma en su extremo. La pluma dibuja las variaciones de presión sobre el papel graduado arrollado a un cilindro que gira gracias a un mecanismo de relojería. El papel se fija diariamente o una vez por semana.

Figura 7.85: Barómetro registrador de Richard.

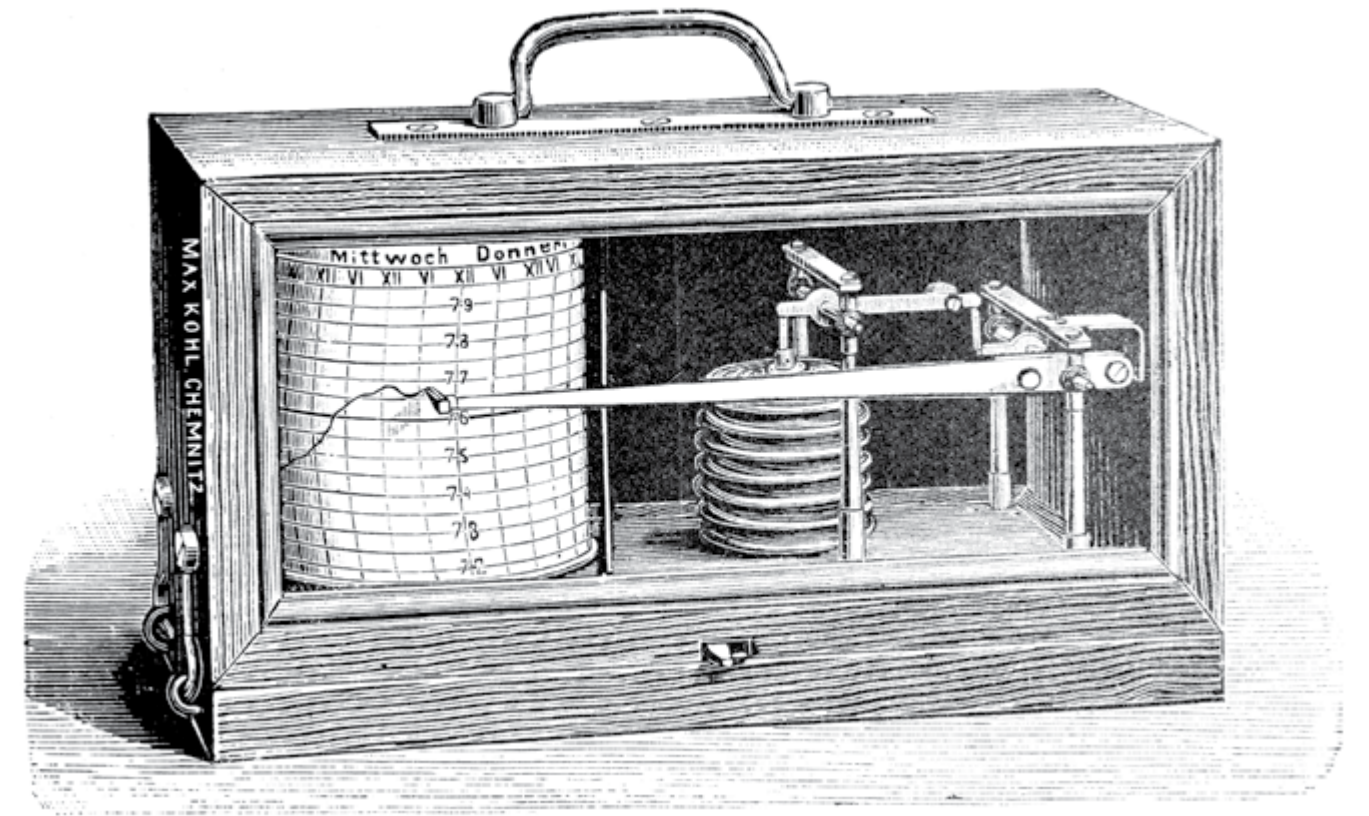


Figura 7.86: Barómetro registrador de Richard. Grabado tomado de [53], p. 377.

7.8. Calculadora mecánica de tambor

La primera máquina calculadora mecánica práctica fue inventada por Blaise Pascal en 1642; los números se disponían moviendo ruedas numeradas por medio de un punzón, pero sólo era capaz de sumar o restar. Las calculadoras mecánicas evolucionaron lentamente y no fue sino hasta el último cuarto del siglo XIX que se desarrollaron muchos tipos diseñados para hacer sumas y restas continuas, que revolucionaron el trabajo en contabilidad e ingeniería. De aquel tiempo proviene una máquina que se utilizó hasta los años 70 del siglo XX. Fue la llamada máquina de tambor, diseñada por Chateau en 1904.

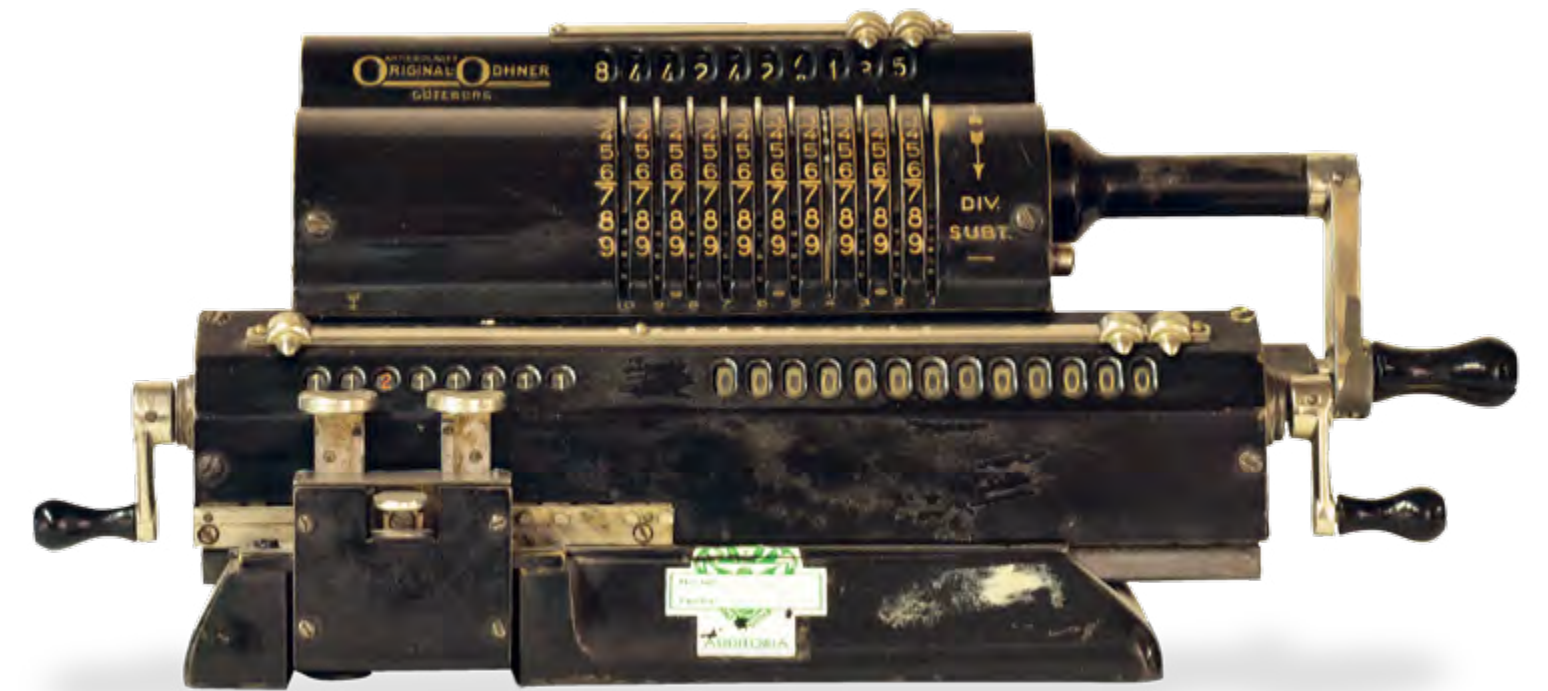


Figura 7.87: Máquina calculadora de tambor.

7.9. Colecciones de instrumentos científicos antiguos en el mundo

- Universidad de la Plata.
- En la Universidad de Barcelona, Santiago Vallmitjana ha publicado un catálogo con instrumentos restaurados en la Escola d'Art i Disseny de la Diputació de Tarragona (Tortosa) [80].
- El Museo de Ciencias del Instituto “Padre Suárez” en Granada, España, cuenta con una Sala de instrumentos de Física y Química [81, 82].
- Colección de instrumentos científicos del Colegio de la Inmaculada en Gijón [83].

8

CAPÍTULO

BIBLIOTECA HISTÓRICA
JOSÉ MARÍA LAFRAGUA

DE LA BUAP



La biblioteca Lafragua de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla es la biblioteca más antigua de la institución. Se encuentra localizada en el edificio central de la BUAP, conocido como Carolino. Su acervo está constituido por importantes colecciones bibliográficas, hemerográficas y documentales con notables valores testimoniales y patrimoniales. Esto convierte a la biblioteca en una rica fuente de información para diversas materias del conocimiento, por lo cual está dedicada actualmente a la investigación especializada.

Su fondo bibliográfico, de aproximadamente 90 mil volúmenes, está compuesto por más de 50 mil libros antiguos, es decir, aquellos libros producidos durante los siglos XVI, XVII y XVIII. Incluye también 16 *incunables*, los cuales son libros impresos durante los primeros cincuenta años de la invención de la imprenta de tipos móviles (1450-1500).

Una parte de la colección de libros antiguos trata de materias religiosas y algunos están escritos en latín. Sin embargo, existen ediciones que tratan de filosofía, literatura, gramática, historia, viajes, geografía, heráldica y emblemática, asuntos políticos, arquitectura, derecho, etcétera. La importante colección de libros antiguos sobre física, química, medicina, ciencias naturales y matemáticas constituye una rica fuente de información para los estudiosos sobre la evolución de estas disciplinas y su enseñanza a través de la historia. A continuación se presentan las portadas de algunos textos fundamentales.

Durante el porfiriato, el enriquecimiento de los acervos bibliográficos especializados fue un poderoso

auxiliar de la enseñanza, ya que les permitió a los docentes estar al día en los conocimientos de las asignaturas que impartían y a los alumnos prepararse mejor para sus exámenes (que eran orales, escritos y prácticos). En 1896, la biblioteca José María Lafragua del Colegio del Estado contaba ya con 60 mil volúmenes, de los cuales 6,123 pertenecían a la sección de Ciencias. De acuerdo al sistema Brunet, con el cual fue clasificado el fondo documental de la biblioteca, la sección de ciencias tuvo entre otras subdivisiones la de “física” (en donde estaban los tratados generales de esa disciplina); además, también estaba subdividida, conteniendo “monografías especiales como [...] son las de vapor, óptica, electricidad, etc.,” [84]. En el transcurso de la primera década del siglo XX continuaron adquiriendo obras como las siguientes:

- *Lightning and the electricity of the air* (cuaderno escrito por L. Herrera y doctor Lope Vergara)
- *Leçons sur L'Électricité* (de Eric Gerard)
- *Por el campo de la electricidad* (de Jorge Darij) y
- *The Tantalium Lamp* (cuaderno escrito por W. von Bolton y editado en Washington en 1907)

El Gabinete de Física también tuvo su propio fondo bibliográfico donde se incluyeron obras como:

- *Manual práctico del electricista* (de E. Cadiat)
- *El Volta. Últimas novedades en electricidad*, tomo 1 (1903)
- *Tratado de electricidad* (de Georges Claude)



Figura 8.1: Salón de lectura de la Biblioteca histórica José María Lafragua de la BUAP.

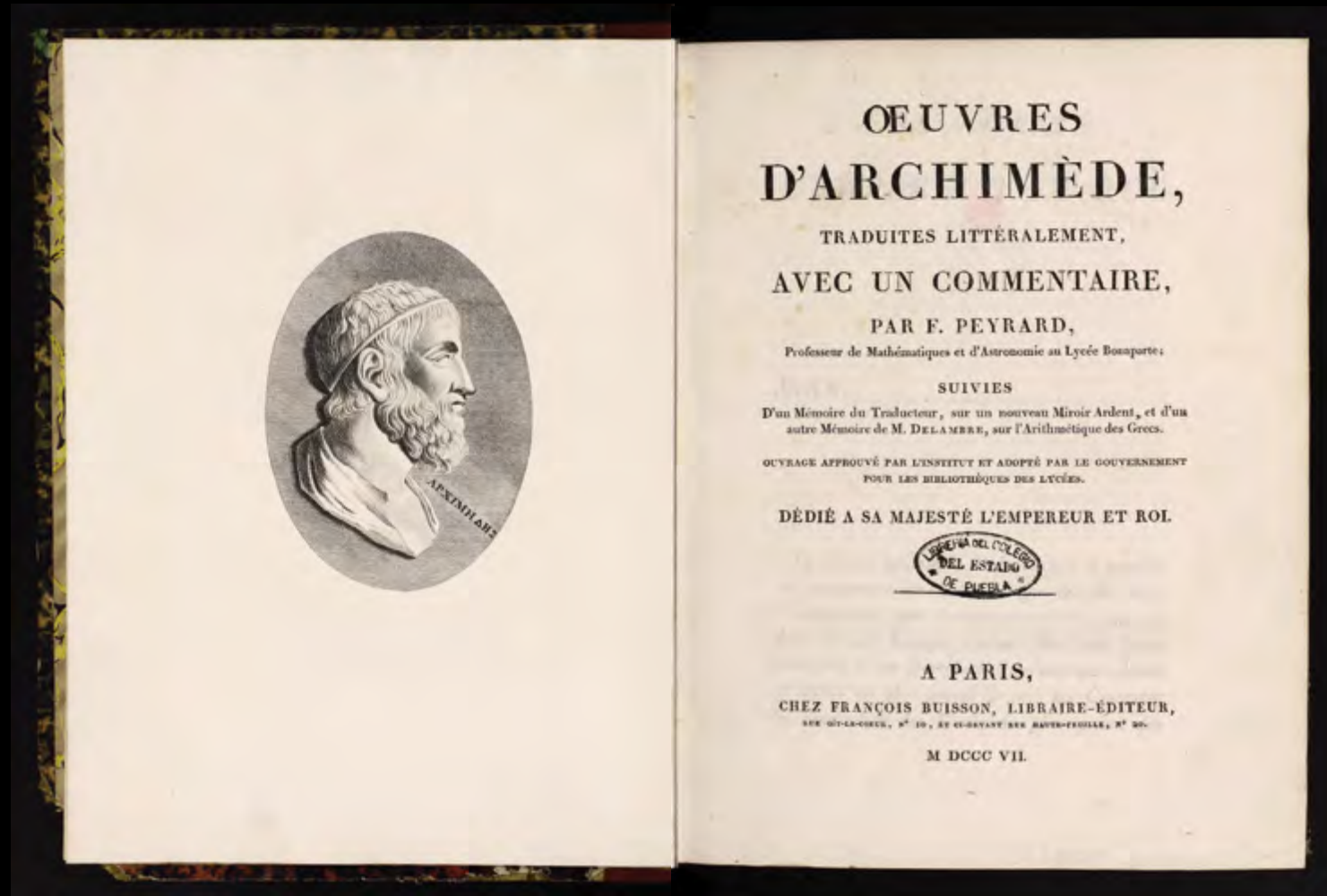


Figura 8.2: Portada del libro Œuvres D'Archimède, traducido por F. Peyrard.

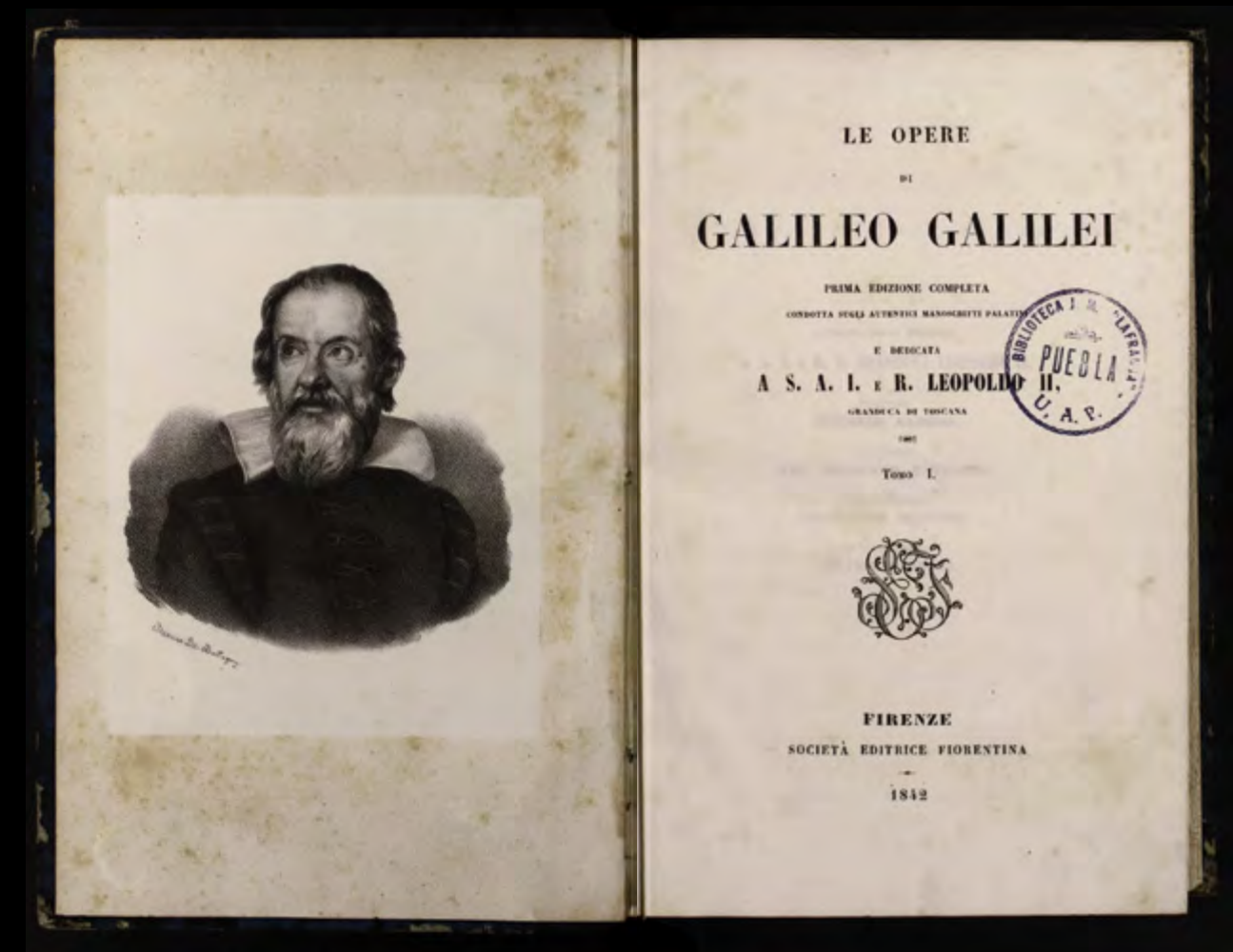


Figura 8.3: Portada del libro Le Opere di Galileo Galilei.

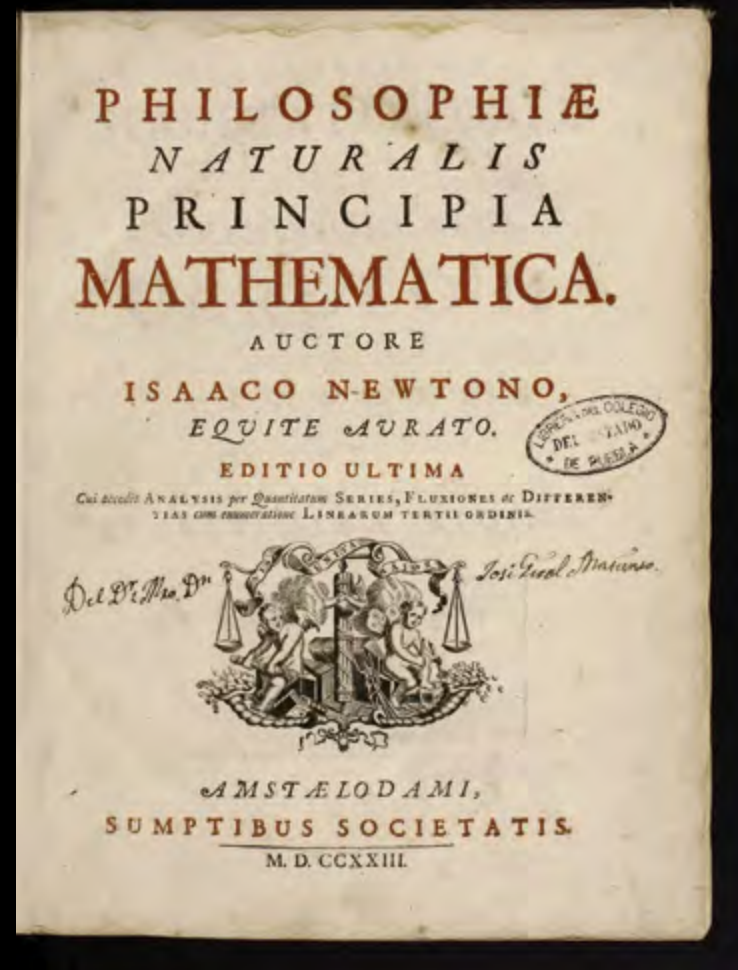


Figura 8.4: Portada del libro *Philosophiæ Naturalis Principia Mathematica* de Isaac Newton.

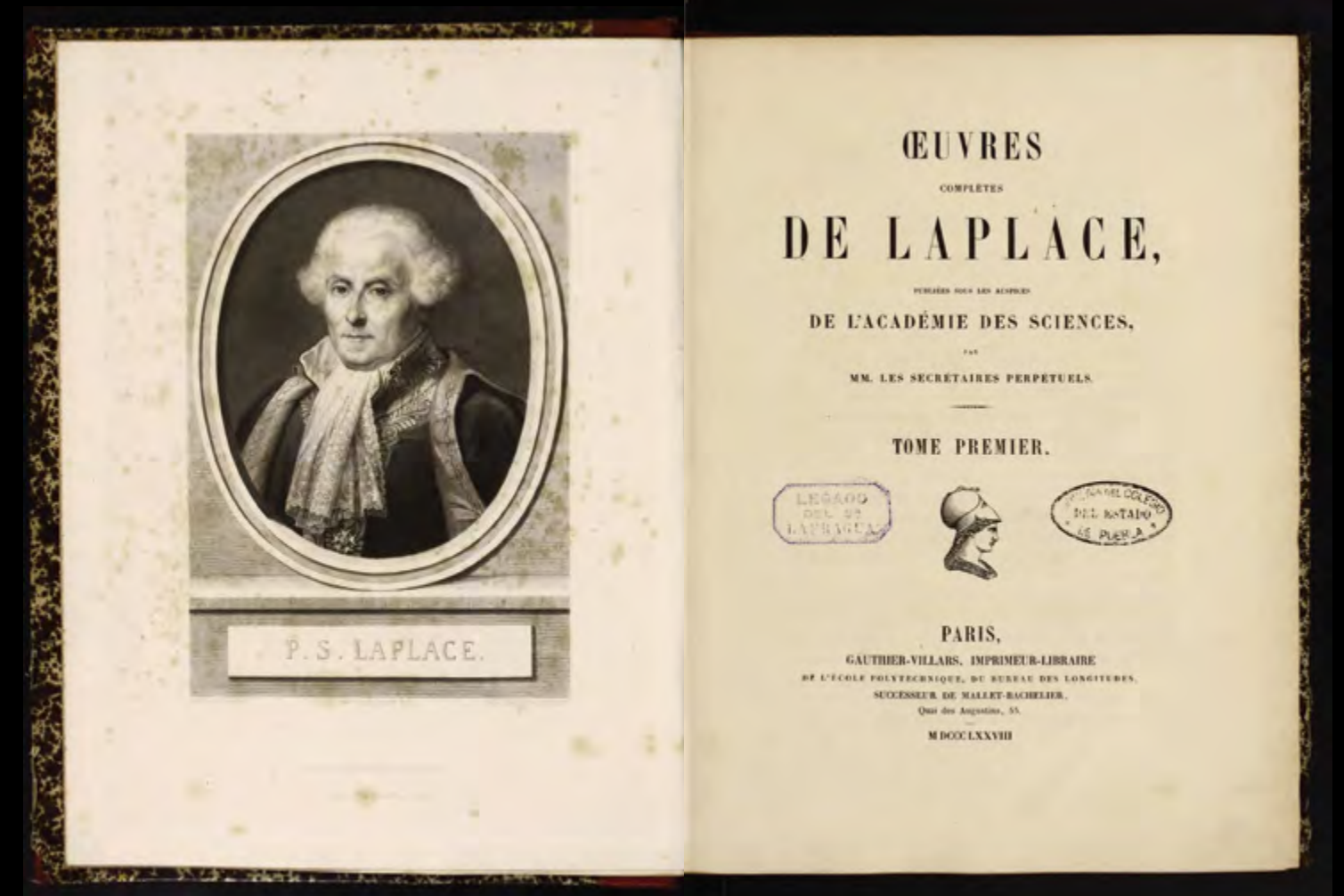


Figura 8.5: Portada del libro *Œuvres Complètes de Laplace*.



Figura 8.6: Portada del libro *Œuvres de Lagrange*.



Figura 8.7: Portada de los libros *Lecciones de Physica Experimental* y *Essai sur l'Électricité des Corps*, por M. l'Abbé Nollet.

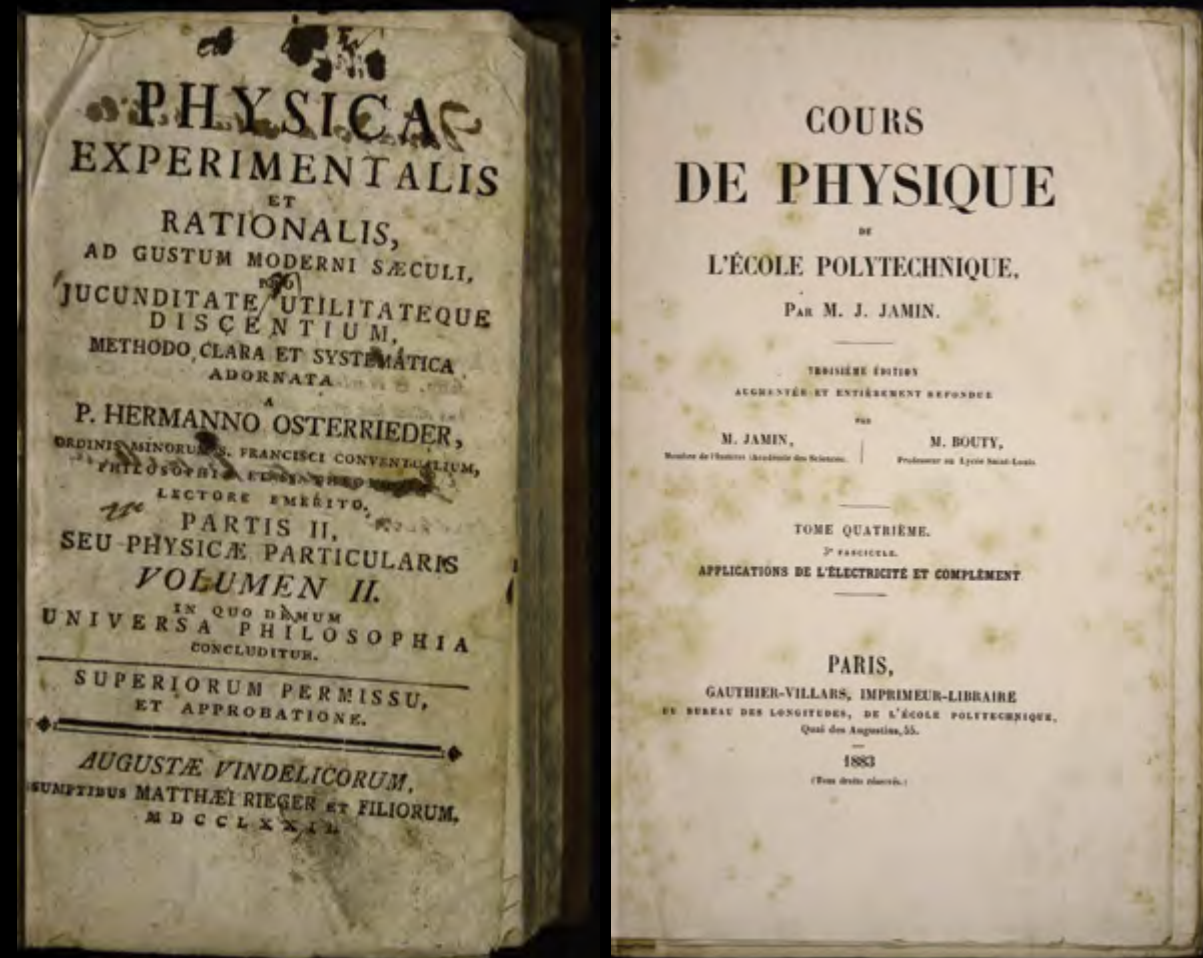


Figura 8.8: Portada de los libros *Cours De Physique de L'École Polytechnique* por M. J. Jamin, y *Physica Experimentalis et Rationalis* por P. Hermann Osterrieder.

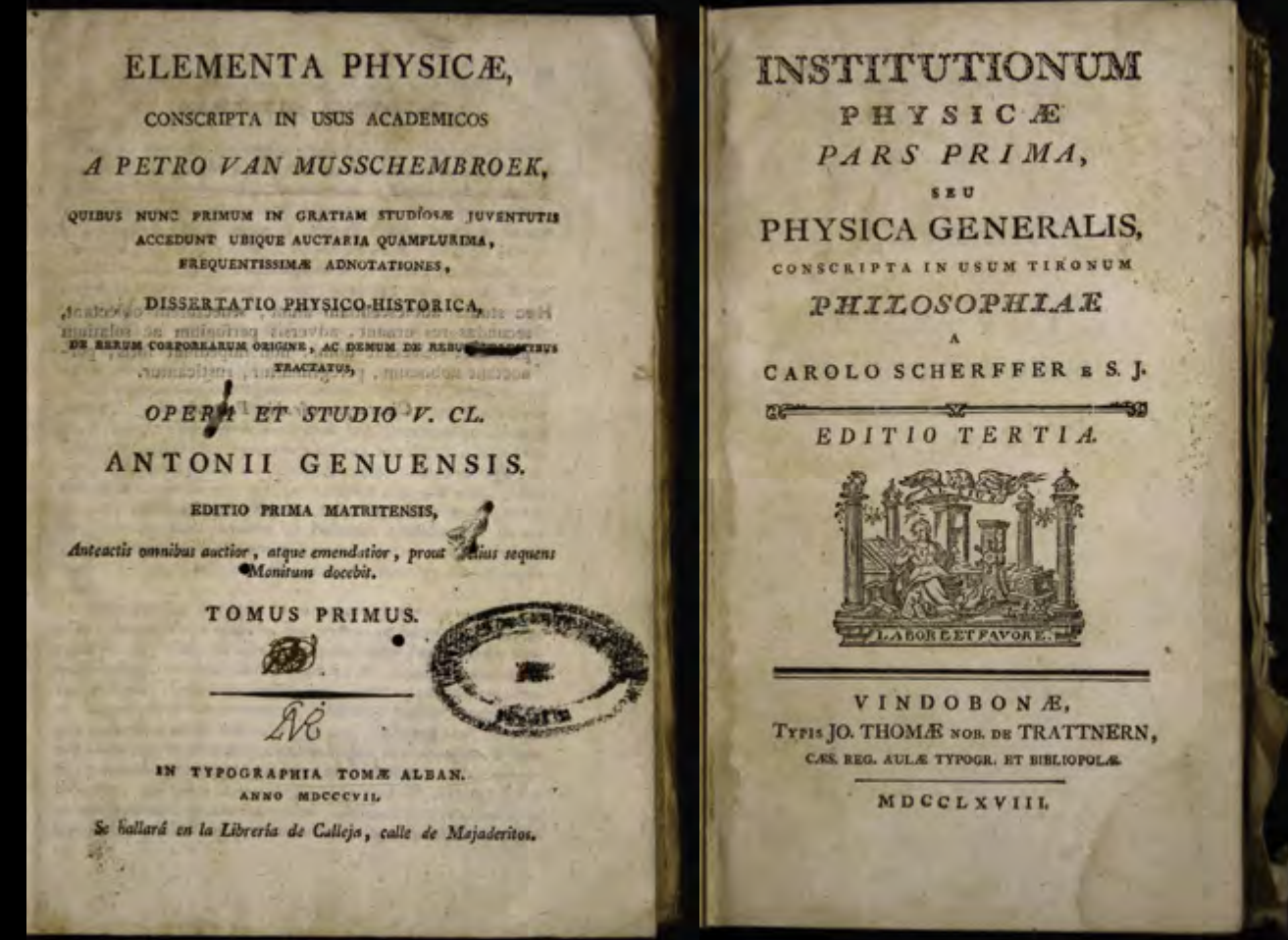


Figura 8.9: Portada de los libros *Elementa Physicæ* por A. Petro van Musschembroek, e *Institutionum Physicæ pars prima seu Physica Generalis* por Carlo Scherffer e S. J.

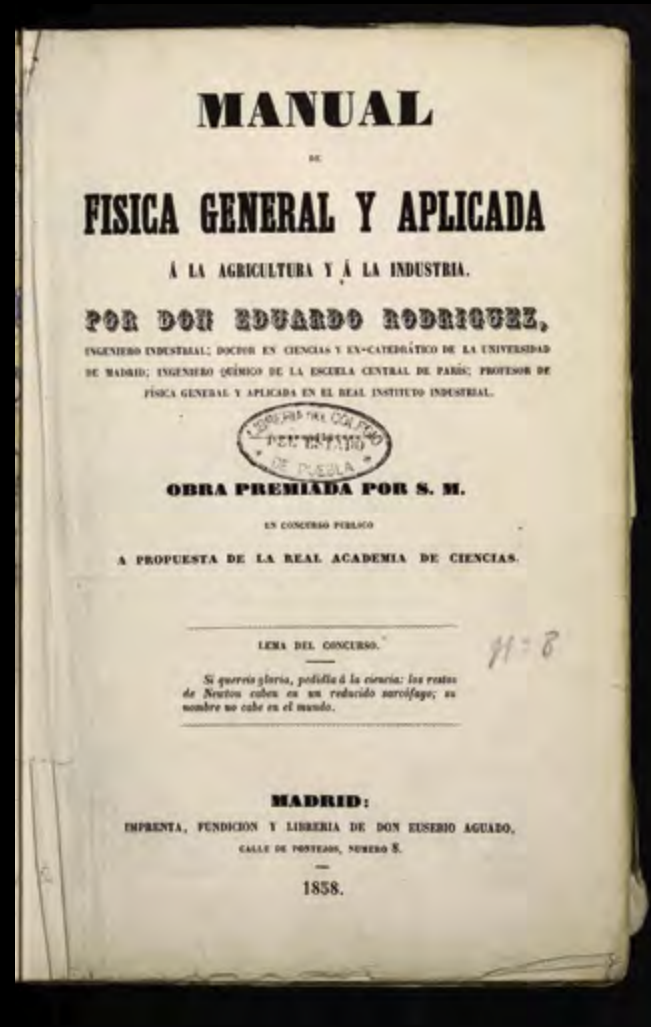


Figura 8.10: Portada del libro *Manual de física general y aplicada a la agricultura y a la industria* por don Eduardo Rodríguez.



Figura 8.11: Parte de la sección de Ciencias.



Figura 8.12: Detalle de una de las colecciones de la sección de ciencias.



BIBLIOGRAFÍA



- [1] Ganot, A.: *Tratado elemental de Física*. Librairie de CH. Bouret, 23, París, decimoctava edición, 1884.
- [2] J., Lemoine y Vincent G.: *Cours Élémentaire de Physique*. Librairie classique Eugène Belin, París, douzième edición, 1912.
- [3] Verdaguer, Rosendo Raimundo (editor): *Monumentos extraordinarios*. Las Cien Maravillas. Salvat, España, 1981.
- [4] Furnas, C. C. y Joe McCarthy: *El ingeniero*. Time-Life Internacional de México, México 5, DF, segunda edición, 1981.
- [5] Hart-Davis, Adam (editor): *Engineers*. Dorling Kindersley, London, 2012.
- [6] Perino, Angia Sassi y Giorgio Faraggiana: *Puentes*. Numen, Naucalpan, Edo. de México, 2004.
- [7] Salvat (editor): *Gran enciclopedia didáctica ilustrada*, volumen 14. Tecnología moderna. Salvat, España, 1985.
- [8] Ricci, Franco Maria (editor): *L'encyclopédie*. Diderot and d'Alembert, , París, s. XVIII.
- [9] Salvat Editores (editor): *Historia de los inventos*. Barcelona, 1986.
- [10] Salvat (editor): *Gran enciclopedia didáctica ilustrada*, volumen 2. La ciencia. España, 1985.
- [11] O'Brien, Robert y Redactores de LIFE: *Máquinas*. Time Inc., 1964.
- [12] Dunan, Marcel (editor): *Larousse encyclopedia of modern history from 1500 to present day*. The Hamlyn Publishing Group Ltd., Singapur, 1974.
- [13] Reader's Digest: *¿Cómo se hizo posible?* Reader's Digest Selecciones, Madrid, 1995.
- [14] Williams, Trevor: *Historia de la Tecnología, desde 1900 hasta 1950*, volumen 5. Siglo XXI editores, México, DF, 1987.
- [15] Atlas Copco: *Los primeros cien años*. Impreso en Suecia por Davidsons Boktr./Växjö, 1973.
- [16] *Memorias del ferrocarril*. Publicación del Museo del Ferrocarril, www.museodelferrocarril.org, Paseo de las delicias, Madrid, 2010.
- [17] Equipo de Endeavour: *Man & Machine*. Endeavour, London, 2010.
- [18] Rooney, Anne: *La historia de la física*. Grupo editorial Tomo, México, DF, primera edición, 2013.

[19] Fischer, Ernst Peter: *Das grosse buch der elektricität*. Komet Verlag, Köln, Alemania, 2011.

[20] Parker, Steve: *Electricity*. Dorling Kindersley, 1992.

[21] Wikipedia contributors: *James Clerk Maxwell*. http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=James_Clerk_Maxwell&oldid=77858513, 2014. [Online; tomado el 15 de noviembre de 2014].

[22] Paladini, Tiziana: *La prima macchina dinamomotore di Antonio Pacinotti*. http://www.ipsia-pacinotti.191.it/docsito/comm_Pacinotti.pdf. [Online; obtenido el 19 de noviembre de 2014].

[23] El equipo de Biografías y Vidas. Zénobe Théophile Gramme, <http://www.biografiasyvidas.com/biografia/g/gramme.htm>. [Online; tomado el 14 de Noviembre de 2014].

[24] Langlebert, J.: *Física*. Librería de la Viuda de C. Bouret, París, 1908.

[25] Wikipedia contributors: George Westinghouse. http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=George_Westinghouse&oldid=633640959, 2014. [Online; tomado el 15 de noviembre de 2014].

[26] A., M.: *El ferrocarril eléctrico de Francfort a Offenbach*. Ilustración Artística, III (156): 255–256, 1884.

[27] Wikipedia: *Hippolyte Pixii* — *Wikipedia, Die freie Enzyklopädie*. http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Hippolyte_Pixii&oldid=132170915, 2014. [Internet; descargado 20-noviembre-2014].

[28] A., M.: *Procesion a la luz de la electricidad en Nueva York*. Ilustración Artística, III (157): 423–424, 1884.

[29] Miller, Floyd: *The Electrical Genius of Liberty Hall: Charles Proteus Steinmetz*. McGraw-Hill, 1962.

[30] Antiques, Van Leest. <http://vanleestantiques.com>. [Internet; descargado 21-diciembre-2014; Scientific Instruments./Pneumatics instruments/Two cylinder vacuum pump.].

[31] Zimmer, Ernst: *Una Revolución en el concepto físico del mundo*. Gustavo Gili, Barcelona, 1944.

[32] Wikipedia: *Johann Wilhelm Hittorf* — *Wikipedia, La enciclopedia libre*. http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Johann_Wilhelm_Hittorf&oldid=75357762, 2014. [Internet; descargado 21-diciembre-2014].

[33] Wikipedia: *William Crookes* — *Wikipedia, La enciclopedia libre*. http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=William_Crookes&oldid=78281633, 2014. [Internet; descargado 21-diciembre-2014].

[34] Wikipedia: *Heinrich Geissler* — *Wikipedia, La enciclopedia libre*. http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Heinrich_Geissler&oldid=70359717, 2013. [Internet; descargado 21-diciembre-2014].

[35] Wikipedia: *Julius Plücker* — *Wikipedia, La enciclopedia libre*. http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Julius_Pl%C3%BCcker&oldid=64633798, 2013. [Internet; descargado 21-diciembre-2014].

[36] Wikipedia: *Wilhelm Röntgen* — *Wikipedia, La enciclopedia libre*. http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Wilhelm_R%C3%B6ntgen&oldid=77972876, 2014. [Internet; descargado 21-diciembre-2014].

[37] Hart-Davis, Adam (editor): *Ciencia*. Dorling Kindersley, London, 2009.

[38] L., Graetz: *La electricidad y sus aplicaciones*. Gustavo Gili, Barcelona, segunda edición, 1921.

[39] Ramos Smith, Maya, Pilar Tapia y Juan Puig: *Doce mil grandes. Inventores*. Promociones editoriales mexicanas, México, DF, 1982.

[40] Clark, Ronald W.: *Hazañas científicas de nuestro tiempo*. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, México, DF, 1979.

[41] López Piñero, José María: *La medicina en la historia*. Aula abierta Salvat, Madrid, 1981.

[42] Serway y Beichner: *Física para Ciencias e Ingeniería, Tomo 2*. McGraw Hill/Interamericana Editores, México, DF, 2001.

[43] Wikipedia: *Hermann von Helmholtz* — *Wikipedia, La enciclopedia libre*. http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Hermann_von_Helmholtz&oldid=79152087, 2015. [Internet; descargado 16-enero-2015].

[44] Caldwell, Roy L. *Proceedings of the IEEE*, 102(10), October 2014. Fotografía de portada.

[45] Gutiérrez, Lucinda y Gabriela Pardo: *Maravillas y curiosidades*. Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México, 2004.

[46] Sociedad de exalumnos de la Facultad de Ingeniería, SEFI, UNAM: *Ingenieros en la Independencia y la Revolución*. Instituto de Investigaciones Históricas de la UNAM, México, DF, 1987.

[47] León López, Enrique G.: *El Instituto Politécnico Nacional*. Secretaría de Educación Pública, Imprenta Madero, México, DF, 1975.

[48] Colegio del Estado: *Libro de Matrículas 1858–1872*. Archivo del Colegio del Estado, Biblioteca José María Lafragua, núm. 62 (de la organización original), F. 3, 1870.

[49] Aguilar, Luis Miguel, José Joaquín Blanco y Guadalupe de la Torre: *Historia gráfica de México. Siglo XIX*, volumen 1. Editorial Patria e Instituto Nacional de Antropología e Historia, México, DF, 1992.

[50] Margenau, Henry, David Bergamini y Redactores de LIFE: *El Científico*. Time Inc., 1966.

[51] Bergamini, David: *Colección científica de Life. Matemáticas*. Time-Life Internacional de México, México, DF, 1965.

[52] Ganot, A. y Georges Maneuvrier: *Tratado elemental de Física*. Librairie de la Vda de CH. Bouret, París, vigésima cuarta edición, 1909.

[53] Max Kohl, A. G., Adorfer Strasse 20. Chemnitz (Alemania): *Catalogue núm. 50, Tome II et III. Appareils de Physique*, 1911.

[54] Eco, Umberto y G. B. Zorzoli: *Historia ilustrada de los inventos*. Compañía General Fabril Editora, Buenos Aires, 1962.

[55] Colegio del Estado: *Documentos del Archivo Intermedio*. Archivo Histórico Regional Universitario.

[56] Páramo, Aniceta M.: *Algunos breves apuntes acerca de la instrucción primaria en el distrito de Puebla*. Imprenta Manuel Álvarez, 1899.

[57] Marín Hirschmann, Miguel y Efraín Castro Morales: *Puebla y su Universidad*. Universidad Autónoma de Puebla, Puebla, México, 1959.

[58] González, Luis: *Historia General de México*, volumen 2. Harla, México, DF, 1988.

[59] *Ley de Instrucción Pública del Estado*. Decretada por Juan Crisóstomo Bonilla, Gobernador Constitucional del Estado Libre y Soberano de Puebla, 1879.

[60] Contreras Cruz, Carlos: *La ciudad de Puebla*, volumen 6 de *Cuadernos de la Casa Presno*. Centro de Investigaciones Históricas y Sociales, Puebla, Pue., mayo, 1986.

[61] Colegio del Estado: *Programa de la Enseñanza*. Archivo del Colegio del Estado, Biblioteca José María Lafragua, 1884.

[62] *Ley de Instrucción Pública del Estado*. Decretada por Mucio P. Martínez, Gobernador Constitucional del Estado Libre y Soberano de Puebla, marzo 1893.

[63] Bazant, Mílada: *Historia de las profesiones en México*, capítulo “La República Restaurada y el Porfiriato”. El Colegio de México, México, DF, 1982.

[64] *Reformas a la Ley de Instrucción Pública del Estado, decretada en 1893*. Decretada por Mucio P. Martínez, Gobernador Constitucional del Estado Libre y Soberano de Puebla, septiembre 1898.

[65] Pérez Peña, Alberto: *El Colegio del Estado de Puebla en el primer centenario de su vida civil*. 1925, 1931.

[66] Galarza, Ernesto: *La Industria eléctrica en México*. Fondo de Cultura Económica, México, 1941.

[67] Fenochio, Alfredo: *Noticia sobre la enseñanza y aplicaciones de la electricidad en el Estado de Puebla, México*. Imprenta artística, Puebla, México, 1899.

[68] González, Benigno G.: *Noticia sobre las aplicaciones de la electricidad en el Estado de Puebla (México), formada por orden de la Secretaría de Fomento del mismo, para presentarla en la exposición*

internacional colombiana. Imprenta de Isidro M. Romero, Puebla, México, 1892.

[69] Herzog, Jesús Silva: *Breve historia de la Revolución mexicana*. Colección Popular. Fondo de Cultura Económica, México, 1960.

[70] Villegas, Daniel Cosío: *Historia mínima de México*, capítulo “El Tramo Moderno”. El Colegio de México, México, 1987.

[71] *Ley de Instrucción Secundaria y Profesional*. Decretada por Cesáreo Castro, gobernador y comandante militar del estado libre y soberano de Puebla, octubre 1916.

[72] Colegio del Estado: *Fondo del Colegio del Estado, Sec. Adva., 1917, T. 11, Exp. 35*. Archivo Histórico Regional Universitario.

[73] Gamboa Ojeda, Leticia: *Los empresarios de ayer*. Editorial Universidad Autónoma de Puebla, Puebla, México, primera edición, 1985.

[74] Universidad Autónoma de Puebla: *Guía orgánica de carreras profesionales*. Puebla, México, 1971.

[75] Terrazas, Luis Rivera: “El desarrollo de la física en Puebla”. *Revista Mexicana de Física*, 30(3): 549–566, 1984.

[76] Robles Galindo, Rosario: *En Puebla: médicos, ciencia y academia (1850–1910)*. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla, 2012.

[77] Turner, Steven: *Instruments for Science: Scientific Instruments Trade Literature*. <http://www.sil.si.edu/DigitalCollections/Trade-Literature/Scientific-instruments/intro-turner.htm>, 2003. [Online; tomado el 12 de junio de 2015].

[78] Roan, Jim: *Scientific Instruments Trade Literature at the Smithsonian Institution Libraries*. <http://www.sil.si.edu/DigitalCollections/Trade-Literature/Scientific-instruments/intro-roan.htm>, 2003. [Online; tomado el 12 de junio de 2015].

[79] Galiana Mingot, Tomás de: *Pequeño Larousse de Ciencias y Técnicas*. Ediciones Larousse, México, DF, 1983.

[80] Vallmitjana, Santiago: *Instrumentos científicos. Catálogo de la Facultat de Física de la Universidad de Barcelona*. Publicacions i Edicions de la Universitat de Barcelona, Barcelona, 2011.

[81] Wikipedia: *Museo de Ciencias del Instituto Padre Suárez de Granada* — *Wikipedia, La enciclopedia libre*. https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Museo_de_Ciencias_del_Instituto_Padre_Su%C3%A1rez_de_Granada&oldid=81143044, 2015. [Internet; descargado 10-julio-2015].

[82] Castellón Serrano, Luis: *Historia y actualidad de un museo científico, 1845–2009*. Instituto Padre Suárez, 2009.

[83] *Colección de instrumentos científicos*. <http://www.telecable.es>, 2015. [Online; tomado el 7 de junio de 2015].

[84] Godoy Dárdano, Ernesto: *La enseñanza técnica y de la electricidad en el Colegio del Estado de Puebla durante el porfiriato*. Número 60 en *Lecturas Históricas de Puebla*. Gobierno del Estado de Puebla, Secretaría de Cultura, Comisión Puebla V Centenario, Puebla, México, 1991.



Facultad de Ingeniería de la BUAP, origen y evolución

Está a disposición a partir de agosto de 2017, en formato PDF en la página de la Biblioteca Histórica José María Lafragua.

El cuidado de la edición, diseño y producción estuvo a cargo de Editorial Lapislázuli S.A. de C.V. Tecamachalco 43-A, colonia La Paz, Puebla, Pue. C.P. 72160.

Nombre del archivo:Facultad_de_Ingenieria_de_la_BUAP.pdf

Peso del archivo: 17,6 megabytes

