

# ÍNDICE ANALÍTICO

PRÓLOGO .....	1
---------------	---

## CAPÍTULO I

Resistencia .....	5
-------------------	---

Introducción, 5.—1. Naturaleza de la corriente eléctrica, 6.—2. Resistencia eléctrica, 6.—3. Conductores y aislantes, 8.—4. Unidad de resistencia, 9.—5. Relación de la resistencia con las dimensiones del conductor, 9.—6. Resistencia específica o resistividad, 11.—7. Resistencia referida al volumen, 12.—8. Conductancia, 13.—9. Resistencia de los cuerpos de sección variable, 14.—10. Resistencias en serie, 15.—11. Resistencias en paralelo, 15.—12. El circular mil, 17. 13. El milímetro cuadrado-kilómetro, 19.—14. El milímetro cuadrado-metro, 20. 15. Resistividad del cobre, 20.—16. Resistividad del aluminio, 21.—17. Normas relativas a la resistividad, 22.—18. Materiales para resistencias, 23.—19. Coeficiente de temperatura, 24.—20. Coeficientes de temperatura del cobre para varias temperaturas iniciales, 26.—21. Resistencia nula, 27.—22. Semiconductores: varistores y termistores, 27.—23. Diámetros y galgas de hilos, 29.—24. Cables multifilares, 30.—25. Conductores, 30.

## CAPÍTULO II

La ley de Ohm y el circuito eléctrico .....	32
---	----

26. El sistema c. g. s. de unidades eléctricas, 32.—27. Sistema práctico de unidades eléctricas, 34.—28. Sistema de unidades metro-kilogramo-segundo (m. k. s.), 34.—29. Sistema práctico (también m. k. s.) de unidades eléctricas, 35.—30. Potencial absoluto, 38.—31. Naturaleza de la corriente eléctrica, 38.—32. Diferencia de potencial, 40.—33. Medida del voltaje y de la corriente, 41.—34. Ley de Ohm, 42.—35. Circuito en serie, 44.—36. Circuito en paralelo, 45.—37. División de la corriente en un circuito en paralelo, 46.—38. Circuito en serie-paralelo, 48. 39. Potencia eléctrica, 49.—40. Potencia máxima, 51.—41. Energía eléctrica, 51. 42. Calor y energía, 53.—43. Unidades térmicas, 55.—44. Caída de tensión en los cables de alimentación de un receptor, 55.—45. Caída de tensión en una línea que alimenta dos receptores en puntos distintos, 56.—46. Cálculo de los cables alimentadores, 58.—47. Pérdidas de potencia en un alimentador, 59.

## CAPÍTULO III

Fuerza electromotriz de las baterías. Leyes de Kirchhoff .....	61
--	----

48. Fuerza electromotriz y resistencia de una batería, 61.—49. Resistencia y corriente de una batería, 62.—50. Potencia máxima suministrada por una ba-

tería, 63.—51. Baterías en carga, 65.—52. Batería en serie, 67.—53. Batería en paralelo, 68.—54. Montaje de elementos en serie-paralelo, 70.—55. Acoplamiento de elementos, 70.—56. Elementos con fuerzas electromotrices y resistencias desiguales, 71.—57. Distribución de la corriente entre dos baterías desiguales conectadas en paralelo, 73.—58. Leyes de Kirchhoff, 76.—59. Aplicaciones de las leyes de Kirchhoff, 78.—60. Procedimiento para el cálculo de redes, 80.—61. Dirección supuesta para la corriente, 82.—62. Otras aplicaciones de las leyes de Kirchhoff, 82.—63. Aplicaciones de las leyes de Kirchhoff a los sistemas ferroviarios, 84.—64. Aplicación de las leyes de Kirchhoff a las distribuciones de energía, 86.—65. Ecuaciones de Maxwell para las mallas, 88.—PRINCIPIOS APLICABLES A LAS REDES, 91.—66. Definiciones, 91.—67. Principio de superposición, 92.—68. Teorema de Thévenin, 93.—69. Principio de reciprocidad, 95.—70. Sistemas en triángulo y en estrella equivalentes, 96.—71. Redes de cuatro terminales, 99.

## CAPÍTULO IV

## Baterías primarias y secundarias ..... 104

72. Principio de la pila eléctrica, 104.—73. Definiciones de los elementos que intervienen en la electrólisis, 106.—74. Pilas primarias, 107.—75. Resistencia interna, 107.—76. Polarización, 108.—77. Pila de Daniell, 109.—78. Pila de gravedad, 110.—79. Pila de Leclanché, 111.—80. Pilas secas, 111.—81. Pila de Ruben, 113.—82. Pilas de cloruro de plata y magnesio, activadas con agua, 114.—83. Pila patrón de Weston, 115.—ACUMULADORES.—84. Acumuladores, 117.—85. Acumuladores de plomo y ácido, 117.—86. Placas Planté, 119.—87. Placas Faure o empastadas, 122.—88. Acumulador blindado Exide, 123.—89. Acumuladores fijos, 124.—90. Separadores, 125.—91. Electrólito, 126.—92. Instalación y separación del servicio, 128.—93. Baterías portátiles, 129.—94. Características de los acumuladores, 130.—95. Carga.—ACUMULADORES ALCALINOS EDISON DE NIQUEL Y HIERRO, 134.—96. Construcción de las placas, 135.—97. Principios electroquímicos, 136.—98. Montaje, 137.—99. Características de carga y descarga, 138.—100. Electrólito, 140.—101. Ventajas, 140.—102. Aplicaciones, 140.—103. Datos relativos a los acumuladores Edison, 141.—ACUMULADORES ALCALINOS DE NIQUEL-CADMIO, 141.—104. Construcción mecánica, 142.—105. Electrólito, 142.—106. Carga y descarga, 143.—107. Aplicaciones y ventajas, 143.—108. Rendimiento de las baterías de acumuladores, 144.—109. Electrólisis, 145.—110. Leyes de la electrólisis de Faraday, 146.—111. Recubrimiento electrolítico, 147.

## CAPÍTULO V

## Instrumentos y medidas eléctricos ..... 149

112. Fundamento de los instrumentos de corriente continua, 149.—113. El galvanómetro de D'Arsonval, 150.—114. Galvanómetros shuntados, 153.—115. Aparatos tipo Weston, 158.—116. Amperímetros, 160.—117. Voltímetros, 164.—118. Multiplicadores o bobinas adicionales, 165.—119. Aparatos de imán circular, 165.—120. Aparatos de escala concéntrica, 166.—121. Aparatos de termoelemento y vacío, 167.—122. Fotocélulas, 168.—MEDICIONES ELÉCTRICAS. MEDICIÓN DE RESISTENCIAS.—123. Método del voltímetro y amperímetro, 169.—124.

Método del voltímetro, 171.—125. Ohmímetros, 172.—126. Megger, 175.—127. Puente de Wheatstone, 178.—128. Puentes de décadas y de cuadrantes, 180.—129. Método para equilibrar un puente, 181.—130. Puente de cursor, 183.—131. Puente de Kelvin, 184.—132. Roturas, tierras y cruces, 186.—133. Ensayo de Murray, 187.—134. Ensayo de Varley, 190.—135. Ensayo de aislamiento, 191.—136. Hilos de protección, 194.—137. Potenciómetro, 195.—138. Potenciómetro de baja resistencia Leeds & Northrup, 198.—139. Otros métodos potenciométricos, 199.—140. Mediciones de tensión con el potenciómetro, 203.—141. Mediciones de intensidades de corriente con el potenciómetro, 204.—142. Medida de la potencia, 206.—143. Vatímetro, 208.—144. Contadores de energía, 208.—145. Verificación de los contadores de energía, 211.—146. Otros tipos de contadores de energía, 212.

## CAPÍTULO VI

## Magnetismo e imanes permanentes ..... 214

147. Imanes naturales, 214.—148. Materiales magnéticos, 214.—149. Acción de la temperatura, 217.—150. Imanación e histéresis, 218.—151. Efecto Barkhausen, 221.—152. Teoría de Weber y Ewing, 222.—153. Imanes, 223.—154. Aguja magnética o brújula, 225.—155. Líneas de imanación, de fuerza y de inducción, 226.—156. Sistema c. g. s. electromagnético de unidades, 229.—157. Intensidad de campo, 231.—158. Densidad de flujo, 232.—159. Inducción magnética, 234.—160. Ley del campo magnético, 235.—161. Acción de una superficie polar, 235.—162. Fuerzas generadas entre dos superficies imanadas paralelas, 237.—163. Sistema metro-kilogramo-segundo (m. k. s.), 239.—164. Unidad m. k. s. de polo magnético, 240.—165. Sistema m. k. s. racionalizado, 242.—166. Materiales para imanes permanentes (acero), 242.—167. Aplicaciones, 243.—168. Pantallas magnéticas, 246.

## CAPÍTULO VII

## Electromagnetismo ..... 248

169. Campo magnético que rodea a un conductor, 248.—170. Relación entre el campo magnético y la corriente, 249.—171. Campo magnético creado por dos conductores paralelos, 250.—172. Ley de Biot-Savart e intensidad de campo producida por una corriente, 251.—173. Campo magnético de una espira, 253.—174. Solenoides, 256.—175. Intensidad del campo en el interior de un solenoide muy largo sin núcleo, 257.—SISTEMA M. K. S. DE UNIDADES.—176. Unidades m. k. s. de campo magnético, 258.—177. Tipos comerciales de solenoides y electroimanes, 261.—178. Electroimanes para elevación de cargas, 265.—179. Frenos electromagnéticos sobre el carril, 267.—180. Circuitos magnéticos de las dinamos, 268.

## CAPÍTULO VIII

## El circuito magnético ..... 271

181. Circuito magnético, 271.—182. Sistema c. g. s. de unidades magnéticas, 272.—183. Reluctancia de un circuito magnético, 274.—184. Curva de imanación, 275.

185. Permeabilidad relativa, 276.—186. Ley del circuito magnético, 277.—187. Fuerza magnetomotriz por centímetro e intensidad del campo, 278.—188. Método por tanteo, 280.—189. Determinación de los amperios-vuelta, 281.—190. Amperios-vuelta para un entrehierro simple, 282.—191. Empleo de las curvas de imanación, 282.—192. Cálculos magnéticos en las dinamos, 284.—193. Histéresis, 286.—194. Pérdidas por histéresis, 288.—195. Pérdidas por corrientes parásitas, 290.—196. Separación de las pérdidas en el hierro, 292.—UNIDADES M. K. S. NO RACIONALIZADAS.—197. Ley del circuito magnético, 295.—UNIDADES M. K. S. RACIONALIZADAS.—198. Ley del circuito magnético, 297.—ALEACIONES FERROMAGNÉTICAS.—199. Permalloy, 299.—200. Hipernik, 300.—201. Imanes permanentes y ciclo de histéresis, 300.—202. Aleaciones alnico, 302.—203. Construcción de los imanes permanentes, 304.—204. Funcionamiento de los imanes permanentes, 306.—205. El sistema de unidades m. k. s. y los imanes permanentes, 307.—206. Imanación y estabilización, 308.—MEDICIONES DE FLUJO MAGNÉTICO.—207. Galvanómetro balístico, 309.—208. Solenoide patrón, 310. 209. Ajuste del galvanómetro, 312.—210. Método de la culata, 314.—211. Método del anillo, 315.—212. Permeámetro de Koepsel, 318.—213. Determinación de los ciclos de histéresis con el oscilógrafo de rayos catódicos, 320.

## CAPÍTULO IX

## Autoinducción e inducción mutua

214. Fuerza electromotriz inducida, 322.—215. Autoinducción, 325.—216. Fuerza electromotriz de autoinducción, 328.—217. Cálculo de la fuerza electromotriz de autoinducción, 328.—218. Autoinducción con reluctancia variable, 330. 219. Crecimiento de la intensidad de la corriente en un circuito inductivo, 331. 220. Disminución de la corriente en un circuito inductivo, 334.—221. Energía del campo magnético, 336.—222. Energías magnética y calorífica, 337.—223. Utilización de la energía del campo magnético, 340.—224. Inducción mutua, 341. 225. Inducción mutua y autoinducción, 344.—226. Energía almacenada, 346. 227. Medición de la autoinducción y de la inducción mutua, 346.—228. Autoinducción e inercia, 347.—229. Bobinas de inducción, 347.

## CAPÍTULO X

## Electrostática: capacidad

230. Electricidad estática y dinámica, 349.—231. Cargas electrostáticas, 350. 232. Ley de Coulomb y unidad de carga eléctrica, 351.—233. Sistemas de unidades electrostáticas, 352.—234. Campo electrostático, 352.—235. Inducción electrostática, 354.—236. Intensidad de campo, 355.—237. Diferencia de potencial, 358.—238. Dieléctricos, 358.—239. Capacidad inductiva o constante dieléctrica, 360.—240. Capacidad, 361.—241. Condensadores en paralelo, 363. 242. Condensadores en serie, 364.—243. Intensidad del campo entre placas paralelas, 366.—244. Energía almacenada en los condensadores, 367.—245. Cálculo de la capacidad, 370.—246. Capacidad de los condensadores de placas paralelas, 370.—247. Capacidad de los condensadores de cilindros concéntricos, 372.—248. Capacidad de los condensadores constituidos por esferas concén-

tricas, 375.—249. Capacidad en el caso de dos cilindros paralelos, 375.—SISTEMA M. K. S. NO RACIONALIZADO, 377.—250. Ley de Coulomb, 377.—251. Intensidad del campo y densidad del flujo, 378.—252. Cálculo de las capacidades, 380. SISTEMA M. K. S. RACIONALIZADO, 382.—253. Ley de Coulomb, 382.—254. Cálculo de capacidades, 383.—255. Intensidad de la corriente que pasa por una capacidad y una resistencia conectadas en serie, 384.—256. Descarga de un condensador, 387.—257. Ionización del aire. Efecto corona, 388.—MEDIDA DE LA CAPACIDAD.—258. Método balístico, 390.—259. Método del puente, 392.—260. Localización de una rotura en un cable, 392.

## CAPÍTULO XI

## Generadores de electricidad

Definición, 394.—261. Fuerza electromotriz generada, 394.—262. Dirección de la fuerza electromotriz inducida. Regla de la mano derecha, de Fleming, 397. 263. Fuerza electromotriz generada por la rotación de una espira, 397.—264. Inducido, 400.—265. Inducido de Gramme y su devanado, 401.—266. Arrollamiento de tambor, 404.—267. Arrollamiento imbricado o de bucles, 406.—268. Paso en el colector, 408.—269. Bobinas de espiras múltiples, 409.—270. Circuitos a través del inducido, 411.—271. Arrollamientos múltiples, 414.—272. Conexiones compensadoras en los devanados imbricados, 417.—273. Devanado ondulado, 419.—274. Paso en el colector, 422.—275. Número de escobillas, 423. 276. Circuitos en el devanado ondulado, 425.—277. Utilizaciones de los dos tipos de arrollamiento, 426.—CONSTRUCCIÓN DE LAS DINAMOS.—278. Culata y núcleos, 427.—279. Núcleos polares, 427.—280. Bobinas de campo, 429.—281. Inducido, 430.—282. Colector, 433.—283. Escobillas, 434.

## CAPÍTULO XII

## Características de las dinamos

284. Fuerzas electromotrices en un inducido, 435.—285. Curva de saturación, 439.—286. Histéresis, 441.—287. Determinación experimental de la curva de saturación, 441.—288. Resistencia del inductor, 443.—289. Tipos de generadores, 443.—290. Generadores shunt, 444.—291. Resistencia crítica del circuito inductor, 446.—292. Causas de la falta de corriente, 447.—293. Reacción del inducido, 447.—294. Fuerzas magnetomotrices en los arrollamientos distribuidos, 452.—295. Reacción del inducido en los generadores multipolares, 455. 296. Amperios-vuelta transversales y de desimanación en los generadores multipolares, 457.—297. Efecto desmagnetizante de los amperios-vuelta de imanación transversal, 459.—298. Compensación de la reacción del inducido, 460.—299. Conmutación, 462.—300. Fuerza electromotriz de autoinducción, 466.—301. Chispas en el colector, 468.—302. Polos de conmutación, 472.—303. Características de los generadores shunt, 476.—304. Regulación de los generadores, 479. 305. Característica total, 480.—306. Relación entre la característica shunt y la curva de saturación, 482.—307. Generador compound, 486.—308. Relación entre la característica compound y la curva de saturación, 491.—309. Efecto de la velocidad, 493.—310. Determinación de las espiras del arrollamiento en serie;

característica del inducido, 494.—311. Efecto compound de los polos de conmutación, 496.—312. Generador en serie, 497.—313. Elevadores de tensión, 499. 314. Efecto de las variaciones de velocidad sobre las características, 499.—REGULADORES AUTOMÁTICOS DE TENSIÓN.—315. Reguladores de acción directa, 501. TIPOS ESPECIALES DE GENERADORES.—316. Generadores unipolares u homopolares, 502.—317. Generadores con escobilla de regulación, 503.—318. Generadores con polos de desviación, 505.—319. Generadores para soldadura eléctrica, 507.—320. Amplidyne, 510.—321. Rototrol, 514.

## CAPÍTULO XIII

El motor .....	517
322. Principio del motor eléctrico, 517.—323. Fuerzas que se desarrollan sobre un conductor por el que circula una corriente, 518.—324. Regla de la mano izquierda, de Fleming, 519.—325. Par, 520.—326. Par desarrollado por un motor, 521.—327. Fuerza contraelectromotriz, 524.—328. Fuerza contraelectromotriz y potencia mecánica, 528.—329. Reacción del inducido y posición de las escobillas en un motor, 528.—330. Motor shunt, 531.—331. Motor serie, 534. 332. Motor compound, 537.—DISPOSITIVOS DE ARRANQUE DE MOTORES.—333. Reóstato de tres bornes, 540.—334. Reóstato de arranque de cuatro bornes, 542. 335. Reóstatos para motores serie, 544.—336. Combinadores, 545.—337. Reóstatos de arranque automáticos, 545.—338. Sopladores magnéticos, 548.—REGULACIÓN DE LA VELOCIDAD.—339. Método de la resistencia del inducido, 549. 340. Sistema de tensiones múltiples, 551.—341. Sistema Ward Leonard, 551. 342. Regulación del campo, 552.—343. Motor Lincoln, 553.—344. Regulación de la velocidad por acoplamiento de motores en serie y en serie-paralelo, 553. 345. Sistema de unidades múltiples, 554.—346. Frenado electrodinámico y por recuperación, 556.—347. Ensayo de motores. Freno de Prony, 558.—348. Determinación de la velocidad, 562.—349. Conmutatriz, 563.	

## CAPÍTULO XIV

Pérdidas. Rendimiento. Funcionamiento .....	565
350. Pérdidas en las dinamos, 565.—351. Pérdidas en el núcleo, 568.—352. Rendimiento, 570.—353. Determinación del rendimiento por evaluación de las pérdidas, 571.—354. Pérdidas conjuntas en el núcleo y por rozamiento, 574.—355. Medición de las pérdidas conjuntas en el núcleo y por rozamiento, 576.—356. Las pérdidas conjuntas en el núcleo y por rozamiento, como función del flujo y la velocidad, 577.—357. Curvas de las pérdidas conjuntas en el núcleo y por rozamiento con flujo constante, 579.—358. Ensayo por oposición. Método de Kapp, 581.—359. Características de las máquinas de corriente continua, 584.—360. Potencia nominal y calentamiento, 585.—361. Medida de la temperatura por el método de la resistencia, 587.—362. Marcha en paralelo de los generadores shunt, 590.—363. Acoplamiento en paralelo de los generadores shunt, 591. 364. Marcha en paralelo de los generadores compound, 592.	

## CAPÍTULO XV

Transporte y distribución de la energía .....	596
365. Sistemas de distribución de la energía, 596.—366. Generación y distribución de la energía, 597.—367. La tensión y el peso del conductor, 598.—368. Relación entre la distancia y el peso del conductor, 600.—369. Sección de los conductores, 600.—DISTRIBUCIÓN A POTENCIAL CONSTANTE.—370. Tensiones de distribución, 601.—371. Cargas distribuidas, 601.—372. Sistemas de alimentación, 602.—373. Sistema serie-paralelo, 603.—SISTEMA TRIFILAR DE EDISON. 374. Ventajas del sistema trifilar de Edison, 603.—375. Cargas equilibradas y desequilibradas, 604.—376. Efecto que produce la interrupción del neutro, 605. 377. Desequilibrio de tensiones, 606.—MÉTODOS PARA OBTENER UN SISTEMA TRIFILAR.—378. Método de los dos generadores, 608.—379. Batería de acumuladores, 608.—380. Grupo equilibrador, 609.—381. Generador trifilar, 612. 382. Sistema de distribución con corriente continua, 613.—383. Potencia máxima en un cable de alimentación, 614.—384. Distribución para los servicios de tracción eléctrica, 617.—385. Electrólisis debida a las corrientes de tierra, 618. UTILIZACIÓN DE LAS BATERÍAS DE ACUMULADORES EN LOS SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN.—386. Servicio de reserva, 619.—387. Regulación de la demanda, 620. 388. Servicios de socorro para alumbrado y fuerza, 621.—389. Regulación por resistencia, 622.—390. Elementos de fuerza contra-electromotriz, 622.—391. Regulación mediante reductor, 623.—392. Distribución en serie, 623.	
APÉNDICES .....	626
PREGUNTAS Y PROBLEMAS .....	643
ÍNDICE ALFABÉTICO .....	791
ÍNDICE ANALÍTICO .....	798