



Electricidad y Electrometría

INTRODUCCIÓN HISTÓRICA

“Si he visto tan lejos has sido sin duda porque he estado sobre hombros de gigantes” Isaac Newton

Existen evidencias del conocimiento sobre fenómenos magnéticos en documentos chinos datados en el 2000 a.C. También **Tales de Mileto**, matemático, astrónomo y filósofo griego observó en torno al 600 a.C. que al frotar trozos de ámbar con seda este adquiría la propiedad de atraer trozos de paja. La palabra ámbar en griego es “elektron” de la que se derivan los términos actuales de electricidad, electrón y electrónica. También observó fuerzas de atracción entre trozos de roca llamados piedra de imán o magnetita, hallados por primera vez en la región de la costa turca llamada Magnesia, de cuyo nombre deriva la palabra actual magnetismo.

Hubieron de pasar 22 siglos hasta que estos fenómenos fueron estudiados de forma sistemática. Así, en 1600, William **Gilbert** publicó su libro De Magnete en el que recogió abundante experimentación sobre fenómenos magnéticos. Sus principales logros fueron la invención del electroscopio para medir cargas eléctricas y el reconocimiento de que la tierra actúa como un gigantesco imán, lo que sentó las bases teóricas sobre el funcionamiento de la brújula.

En 1750, el científico y estadista Benjamin **Franklin** estableció experimentalmente la conservación de la carga eléctrica y acuñó la terminología de cargas positivas y negativas, siguiendo su concepción de que eran la manifestación de un mismo fluido que se encontraba en un caso en exceso y en otro en defecto, respecto a sus valores de equilibrio. Sus descubrimientos le llevaron a la invención del pararrayos.

Los experimentos de Charles Agustín **Coulomb**, en 1785, le condujeron a la demostración de la ley cuadrática para la atracción y repulsión de cargas eléctricas, usando una balanza de torsión para medir las fuerzas. Por esta época, Karl Friederich **Gauss**, matemático y astrónomo, enunció su teorema de la divergencia que condujo a formular la ley de Coulomb en la forma que hoy se conoce por la ley de Gauss.

El descubrimiento de las potencialidades de las cargas en movimiento o corrientes eléctricas comenzó con los estudios del anatomista Luigi **Galvani**, en 1791, que culminaron en la construcción de la primera batería eléctrica o pila voltaica por Alessandro **Volta** en 1800.

La primera evidencia de la relación entre la electricidad y el magnetismo fue puesta de manifiesto en 1820 por Hans Christian **Oersted** en su crucial experimento. “La inspiración original de estos experimentos, de acuerdo con el propio relato de Oersted, fue la convicción metafísica de la unidad de todas las fuerzas de la Naturaleza que él deducía de los filósofos de la Naturaleza alemanes, en particular de Friederich **Schelling**”¹. Oersted observó que un hilo por el que circula corriente eléctrica puede desplazar la orientación de una brújula próxima, descubriendo que la electricidad puede producir magnetismo. Anteriormente a este experimento, los fenómenos eléctricos y magnéticos se consideraban totalmente independientes.

En los años siguientes André Marie **Ampère** inventó el solenoide para crear campos magnéticos, y explicó la magnetización de los imanes naturales en términos de corrientes eléctricas equivalentes a nivel microscópico. Su trabajo culminó con la publicación en 1827 de su obra *Teoría Matemática del Fenómeno Electrodinámico Deducido Solamente del Experimento*, en la que derivó una formulación para el electromagnetismo en la que sobresale la hoy conocida como Ley de Ampere.

En la década que abarca entre 1820 y 1830 se realizaron otros descubrimientos importantes. Jean Baptiste **Biot** y Felix **Savart** obtuvieron una expresión para el campo magnético en cualquier punto del espacio creado por una corriente eléctrica. Por otra parte, Georg Simon **Ohm** formuló la ley que lleva su nombre y que relaciona la corriente con el voltaje y la resistencia.

Una figura clave en el desarrollo de la ciencia del electromagnetismo fue Michael **Faraday**. La situación personal de Faraday es un tanto atípica respecto a sus colegas en el desarrollo de la materia. Obligado por sus circunstancias familiares, trabajó desde los catorce años de aprendiz de encuadernador recibiendo una educación académica mínima. Se diferenció del resto de los científicos que competían con él por su escaso conocimiento matemático, en una rama de la ciencia que aún hoy en día requiere para su explicación de un fuerte aparato matemático. Pese a esta aparente limitación, alcanzó a ser uno de los científicos más notable de su tiempo y sus contribuciones al desarrollo del electromagnetismo fueron decisivas. En 1831, tras una serie de experimentos, descubrió la ley de inducción electromagnética, que cierra el círculo iniciado con el experimento de Oersted e indica como obtener una corriente eléctrica a partir de un campo magnético. Como consecuencia de este descubrimiento, pudo construir el primer motor eléctrico, el primer generador y también el primer transformador.

¹ Esta frase ha sido extraída de la p. 614 del libro de Holton G., revisado por Brus S., *Introducción a los conceptos de las ciencias físicas*, 2ª Ed., Reverté, 1987.

Su método de desarrollo de la teoría, derivado de su escaso conocimiento matemático, es de interés en la actualidad para representar los fenómenos electromagnéticos. Faraday inventó los conceptos de campos eléctrico y magnético como perturbaciones del espacio alrededor de los objetos que los crean y el concepto de líneas de fuerza para visualizar su efecto. Estas representaciones fueron ya reconocidas y apreciadas por James Clerk **Maxwell** como ilustra la siguiente frase suya

... Faraday visualizaba líneas de fuerza que atravesaban todo el espacio donde los matemáticos solo veían centros de fuerza que actuaban a distancia: Faraday veía un medio donde ellos únicamente veían distancia: Faraday buscó la fuente de los fenómenos a partir de las acciones reales que se llevaban a cabo en el medio, mientras que aquellos quedaron satisfechos con haberla encontrado en el poder de la acción a distancia presente en los fluidos eléctricos.

Las investigaciones experimentales de Faraday permitieron a James Clerk Maxwell publicar en 1873 la primera teoría unificada del electromagnetismo en su obra *A Treatise on Electricity and Magnetism*, que completa la ley de Ampere, postula la naturaleza electromagnética de la luz, y reúne todos los conocimientos electromagnéticos en las llamadas ecuaciones de Maxwell cuya validez continúa irrefutable hasta la fecha. Con esta obra, se cierra el cuerpo de la teoría electromagnética actual.

La teoría de Maxwell tuvo en su tiempo algunos detractores, dado que no había forma experimental de comprobar sus predicciones teóricas, como, por ejemplo, que la naturaleza de las ondas electromagnéticas es análoga a la de la luz. En 1888, Heinrich **Herz** demostró que la teoría de Maxwell, que predecía, que una corriente oscilante que circula por un hilo dispersa parte de su energía en el espacio circundante, en forma de ondas electromagnéticas, podía ponerse en práctica. Su experimento consistió en obtener una corriente variable, correspondiente con la frecuencia de emisión del oscilador, en un hilo colocado a muchos metros y aislado de un oscilador de chispa de alta frecuencia. Además, demostró que estas ondas electromagnéticas poseían todas las características de la luz respecto a la reflexión, enfoque del haz, refracción, interferencia, polarización, etc. Guglielmo **Marconi** aplicó el descubrimiento de Hertz a la transmisión de mensajes a través del aire y en 1901 consiguió enviar señales de radio a través del océano Atlántico.

Thomas Alva **Edison** dio a la electricidad numerosas aplicaciones prácticas y rentables en iluminación, telegrafía, telefonía y en generación y transmisión de potencia. Así, en 1879, patentó su lámpara incandescente de hebra de algodón. Acto seguido, abordó el problema de abastecer los

hogares con cantidades constantes y suficientes de electricidad para sus lámparas, problema que resultó de mayor complicación que la propia invención de éstas.

Mientras que Edison era partidario de la transmisión de potencia en corriente continua, Nikola **Tesla** desarrolló su transmisión en corriente alterna e inventó el motor de inducción en 1887. En 1893, George **Westinghouse** ganó una batalla crucial a favor de la corriente alterna, al obtener para su compañía el contrato para la construcción de la central eléctrica del Niágara, en corriente alterna. Cuando esta central empezó a funcionar, en 1895, generó tanta potencia como el resto de las estaciones generadoras de Estados Unidos juntas (10 alternadores de 3500kVA).

En 1905, Albert **Einstein** postuló su Teoría de la Relatividad que revisó los conceptos anteriores sobre tiempo y espacio. Esta teoría removió los cimientos de la Física anterior a ella, e incluso las ecuaciones de Newton hubieron de modificarse para velocidades próximas a la de la luz. No obstante, las ecuaciones de Maxwell permanecieron inalteradas. La teoría de Einstein implica que lo que aparece como un campo eléctrico puro para un observador, para otro en movimiento, puede verse como un campo eléctrico más otro magnético.

Existen pocas materias que tengan mayor aplicación práctica que el electromagnetismo; en el terreno industrial: motores, generadores, iluminación y calefacción eléctricas, transporte de energía eléctrica a larga distancia, sistemas de aislamiento y protección de equipos, son dispositivos de utilización habitual y objeto de investigación y desarrollo hoy; en el terreno de la medicina, destacan los equipos electrónicos de diagnóstico tales como los sistemas de scanner por resonancia magnética.

No es preciso reseñar las múltiples aplicaciones en informática disponibles en la actualidad, y en el ámbito de las telecomunicaciones, la lista es interminable. Además, el impacto social de estas aplicaciones ha sido formidable, medios de comunicación tales como la radio, la televisión, el teléfono, o internet han cambiado drásticamente nuestro modo de vida; hoy son posibles comunicaciones con sondas espaciales fuera del sistema solar. Los equipos radar y de posicionamiento por satélite han revolucionado los sistemas de navegación y de localización de personas y bienes. Todas estas aplicaciones, de las que depende nuestro modo de vida actual, nos llevan a pensar que vivimos en una sociedad electromagnética.