

---

## Coneixement científic i aplicacions industrials de l'electricitat al segle XIX

Joan Carles Alayo i Manubens\*

---

L'objectiu d'aquest capítol és oferir una breu síntesi de l'evolució internacional de la tecnologia elèctrica al llarg del segle XIX, així com de la seva assimilació en els ambients científics espanyols, i particularment en el focus barceloní, per arribar a les primeres aplicacions locals, que tingueren lloc en els darrers anys d'aquella centúria i que són glossades àmpliament en altres capítols del present volum.

### El desenvolupament de la tecnologia elèctrica

Des de la darrera part del segle XIX i al llarg del XX l'electricitat ha estat un dels motors principals del desenvolupament industrial i del sistema de vida modern, tot i que el coneixement dels fenòmens elèctrics és molt antic. La civilització grega va conèixer la propietat que tenia l'ambre d'atraure petits trossets de paper en ser fregat amb un teixit de llana, i concretament de l'ambre *-elektron* en grec – ve el nom d'electricitat. Van haver de passar molts segles, tanmateix, perquè es comencés a desvetllar el que representava aquella propietat i quin profit se'n podia treure. S'hi va associar una altra propietat, la del magnetisme, i de la combinació de les dues n'ha acabat sorgint la tecnologia elèctrica.

Al llarg de l'Edat Moderna, les al·lusions dels científics europeus a l'electricitat començaren a sovintejar. Per exemple, el primer llibre espanyol sobre electricitat data de l'any 1752, porta el títol de *Physica Eléctrica o compendio donde se explican los maravillosos fenómenos de la virtud eléctrica* i el seu autor és Benito Navarro y Abel de Beas, un canonge de Sevilla. La publicació tracta de l'electricitat estàtica i les seves aplicacions, però, pel que fa a les aplicacions industrials, l'esdeveniment fundacional és el descobriment de la pila elèctrica per Alessandro Volta (1745-1827) l'any 1800.

Amb l'ajut de la pila, l'experimentació va poder estudiar els fenòmens elèctrics i descobrir les lleis físiques que formen avui dia la base de la teoria de l'electricitat. Amb la pila va néixer l'electromagnetisme i l'estudi dels circuits elèctrics. En van ser usuaris, entre d'altres, Michael Faraday (1791-1867), Hans Christian Oersted (1777-1851) i Georg Simon Ohm (1789-1854). La pila elèctrica va anar sent transformada per obtenir major capacitat d'emissió d'electricitat, i el seu desenvolupa-

\* Universitat Politècnica de Catalunya.

ment va passar principalment per reduir-ne l'esgotament que afectava les piles sense utilitzar i també per utilitzar materials menys costosos que el coure o el zinc. Durant la primera meitat del segle XIX la pila, pràcticament l'única font d'electricitat en corrent continu, es va anar perfeccionant i es van posar al mercat una gran varietat de models diferents.

L'any 1837 va aparèixer la primera pila amb efectes despolaritzants, que porta el nom del seu autor John Frederic Daniell (1790-1845) i supera amb escreix totes les piles derivades de la construïda per Volta. Aquesta disposició no trigaria gaire a ser modificada per eliminar defectes i van anar apareixent altres models, com els de William Robert Grove (1811-1896) l'any 1839, perfeccionat per Robert Wilhelm Bunsen (1811-1899) el 1841.

L'acumulador, una variant de la pila, va ser inventat l'any 1859 per Gaston Planté (1834-1889). Tenia la propietat d'emmagatzemar energia elèctrica en forma química i després l'alliberava, admetia molts cicles de càrrega i descàrrega i necessitava menys manteniment que les piles químiques. Com la pila, l'acumulador primitiu va donar lloc a moltes variants que perfeccionaren el seu funcionament.

En el moment d'aparèixer els acumuladors la tecnologia elèctrica havia encetat un altre camp d'investigació, el de les màquines elèctriques. Provenien de les investigacions fetes per Michael Faraday, que el 1832 va mostrar al món científic les lleis d'inducció electromagnètica. Poc temps després un francès, Hippolyte Pixii (1808-1835), construïa el primer generador elèctric i començava una nova etapa en el desenvolupament de l'electricitat. El perfeccionament de la màquina elèctrica va seguir dues línies que buscaren la major potència de la màquina: canviar la posició entre inductor i induït i augmentar la tensió de les bobines; i multiplicar el conjunt (imant permanent i bobina amb moltes unitats).

Així es van anar adoptant màquines més evolucionades. La màquina anomenada de L'Alliance, derivada de les recerques de Floris Nollet (1794-1853) i assajada l'any 1861, i posteriorment les de Henry Wilde (1833-1919) i Werner von Siemens (1816-1892), totes dues presentades el 1866, o la més coneguda a Europa, la de Zénobe-Théophile Gramme (1826-1901), de 1868. L'electricitat es limitava aleshores a l'electroquímica i la galvanoplàstia, aplicacions suportades amb les piles elèctriques.

Pel que fa a l'enllumenat elèctric, l'any 1813 Humphry Davy (1778-1829) va mostrar que, formant un arc voltaic amb ús d'electrodes de carbó, es despenia una llum molt intensa. A partir d'aquell moment es van fer moltes demostracions i proves per trobar una solució al desgast dels carbons i l'establiment de la distància adequada.

El 1844 es va implantar el primer enllumenat públic elèctric amb arc voltaic a la plaça de la Concorde de París, i pocs anys després, el 1848, Léon Foucault (1819-1868) presentava un regulador electromecànic de la distància dels carbons que, tot i no ser el primer sistema, va resultar el més idoni. A partir d'aquell model se'n van anar inventant d'altres. El 1857 Victor Serrin (1829-1905) aportava el seu regulador electromecànic, que va gaudir de molta difusió a Europa, i el 1876 Pavel N. Jablochhoff (1847-1894) efectuà una variant en el sistema d'enllumenat per arc voltaic mitjançant dos carbons paral·lels posats dins de material ceràmic, que només funcionava bé amb corrent altern.

D'altra banda, des d'abans de 1850 s'investigava el fenomen de la incandescència d'un filament que no es cremés en ser traspasat per un corrent elèctric. Finalment es trobà que això es podia aconseguir situant-lo dins d'una ampolla a l'interior de la qual s'havia fet el buit. En el decenni de 1870 Thomas Alva Edison (1847-1931), Moses Gerrish Farmer (1820-1893) i Hiram Stevens Maxim (1840-1916) als Estats Units i Joseph Wilson Swan (1828-1914) a Anglaterra van ser els principals contribuents en aquest camp i van presentar els seus models de bombeta elèctrica. L'octubre de 1880 Swan demostrava la seva làmpada a la Newcastle Literary and Philosophical Society i el desembre del mateix any Edison enlluminava per Nadal el seu taller amb les seves làmpades. Un any després, arran de la inauguració de l'enllumenat nocturn a l'Exposició Internacional de Electricitat de París, el llum d'arc i el llum d'incandescència ja eren plenament adoptats, cadascun en la seva faceta més idònia, el primer per enlluminar grans espais públics o magatzems, i el segon per enlluminar les petites estances.

Amb les màquines elèctriques en constant perfeccionament, els reguladors d'arc i les bombetes incandescentes l'ús de l'electricitat va iniciar una gran expansió. Inicialment es va dedicar a l'enllumenat: en vaixells, per situar la seva posició, o per mitjà de reflectors, enlluminar algun punt de la costa; als fars, que fins aleshores havien utilitzat la combustió d'oli mineral; en l'enllumenat de teatres i espais públics, en substitució del gas, que resultava molt perillós; a les fàbriques, principalment les tèxtils, per les mateixes raons que als teatres.

Les primeres aplicacions de l'energia elèctrica van ser realitzades sempre amb instal·lacions isolades. La producció d'energia elèctrica aprofitaria les instal·lacions de vapor que tenien les fàbriques o la força dels molins, adaptant-hi un generador elèctric de corrent continu o altern, connectat al circuit de làmpades d'incandescència o d'arc.

El naixement de la indústria elèctrica de distribució a gran escala es va fer amb el pas de les instal·lacions isolades a les instal·lacions agrupades (o centrals). Va comportar també la implantació d'una xarxa de distribució estesa per carrers de les poblacions. Les primeres centrals elèctriques es van instal·lar l'any 1881 a Nova York (central de Pearl Street) i a Londres (central de Holborn Viaduct), totes dues inspirades per Edison i que distribuïen el corrent continu amb una xarxa de dos conductors.

Al cap de pocs anys, al sistema de distribució en corrent continu es va afegir el de corrent altern. Cadascun tenia avantatges i inconvenients, però la invenció del transformador va ser cabdal a l'hora d'imposar la tècnica del corrent altern.

## La recepció local dels coneixements tecnològics

A Barcelona, pocs anys després de la descoberta de Faraday, els anys de la Junta de Comerç de Barcelona informen sobre uns exàmens públics organitzats el 4 de juliol de 1835 per Pere Vieta, catedràtic de Física Experimental de la institu-

ció i destaquen que, «entre los experimentos más sorprendentes que hizo [el alumno José Mercer], fue el producir fenómenos eléctricos por medio de la rotación continua de un imán, produjo la conmoción eléctrica, la chispa; descompuso el agua etc., todo por medio del magnetismo». Era una conseqüència directa dels fenòmens que havia explicat Faraday el 1832 i ens indica que la transmissió de coneixement havia estat relativament ràpida. Les institucions acadèmiques de l'època, com la Reial Acadèmia de Ciències i Arts de Barcelona, es van endinsar en les relacions entre magnetisme i electricitat, amb investigadors destacats com Joan Agell i Torrents (1809-1869).

L'any 1857 l'enginyer de mines Manuel Fernández de Castro (1834-1905) va publicar el seu llibre *La electricidad y los caminos de hierro*, una obra destacada a Espanya, fruit de les seves aportacions a la telegrafia elèctrica i a la senyalització del transport ferroviari.

Pel que fa a publicacions periòdiques, l'any 1865 començà a publicar a Madrid *La Gaceta Industrial*, impulsada per l'enginyer José Alcover Sallent (?-1894) i que des del primer número abordava aplicacions industrials de l'electricitat, tot i que la telegrafia i la senyalització elèctrica eren llavors les matèries més destacades. Posteriorment altres revistes espanyoles també van adoptar l'electricitat com una de les seves matèries: *El Porvenir de la Industria*, Barcelona (1875-1896); els *Anales de la Construcción y de la Industria*, Madrid (1876-1890); la *Crónica Científica*, Barcelona (1878-1892); la *Revista Tecnológico-Industrial*, Barcelona (1878-1917); la *Gaceta de la Industria y de las Invenciones*, Barcelona (1881-1883); *Industria e Invenciones*, Barcelona (1884-1921); *Gaceta Industrial y Ciencia Eléctrica*, Madrid (1891); *Naturaleza, Ciencia e Industria*, Madrid (1891-1893) i *La Naturaleza*, Madrid (1893-1908).

Cal destacar la feina feta per l'enginyer Francisco de Paula Rojas y Caballero Infante (1832-1909), expert en màquines elèctriques i autor de vàries obres, entre les quals sobresurten l'*Estudio Elemental Teórico-Práctico de las máquinas eléctricas*, de 1887, i especialment els tres volums de *Tratado de Electrodinámica Industrial*, editats el 1891, el 1896 i el 1899, respectivament. Rojas era també director científic de la revista *La Electricidad*, impulsada per la Sociedad Española de Electricidad, publicada a Barcelona entre 1883 i 1890 i la primera a Espanya que es va dedicar monogràficament a la matèria, amb un plantejament estratègic i comercial de difusió del desenvolupament de la tècnica. Seguiren, fins a finals del segle XIX: *El Electricista*, publicada a Barcelona i a Madrid (1886-1893); els *Anales de la Electricidad*, de Barcelona (1889-1890); i les madrilenyes *Revista de Electricidad* (1890), *La Ciencia Eléctrica* (1890), *Electrón* (1896-1910) i *La Energía Eléctrica* (1899-1930).

L'any 1897 va aparèixer la *Pequeña Enciclopedia Electromecánica*, de Henri de Graffigny, una obra traduïda del francès en 12 volums, que fou molt popular. També ho fou la *Cartilla de Electricidad Práctica* d'Agacino (1895), obra del militar Eugenio Agacino Martínez (1851-1924), amb una edició per any fins l'any 1900 i que l'any 1916 arribava a la vintisetena.

Malgrat que totes aquestes iniciatives promovien el coneixement de l'electricitat, la seva penetració en l'àmbit docent fou tardana i lenta. El primer centre que va adoptar l'electricitat com a matèria específica al nou pla d'estudis va ser l'Escola de Mines el 1890. El 1896, també va ser afegida al nou pla d'estudis de l'Es-



Figura 1. Portada del primer volum de la revista *La Electricidad*, publicat a Barcelona el 1883.

cola d'Enginyers de Camins, Canals i Ports. L'enginyeria industrial va trigar més. L'any 1899 l'electrotècnia va esdevenir una matèria pròpia a la nova Escola d'Enginyers Industrials de Bilbao, però, en haver d'adaptar el seu pla d'estudis propi als plans generals de les escoles existents a Espanya, la matèria fou suprimida i va quedar englobada dins la física industrial.

A Barcelona, Josep Mestres Gómez (1844-1917), enginyer industrial des de 1866, va tenir un paper important en la programació dels estudis de l'electrici-

tat dins els programes d'enginyeria. Havia començat com a professor de matemàtiques a l'Institut de Barcelona, va passar uns anys de catedràtic a Las Palmas i va tornar a Barcelona el 1877, on impartí docència a l'Escola d'Enginyers Industrials, primer com a professor auxiliar i des de 1895 com a catedràtic de Física Industrial, Aplicacions del Calor i Electricitat.

En realitat, el plantejament espanyol fins l'any 1924 va ser que les escoles d'indústries formessin els especialistes en electricitat, amb els títols elemental de pràctic industrial elèctric i superior de perit industrial tècnic, mentre que els estudis superiors de les escoles d'enginyers formaven enginyers industrials generalistes, és a dir sense especialització en l'electricitat.

D'aquí ve que l'any 1917 es va fundar a Barcelona l'Institut d'Electricitat Aplicada, nascut sota els auspicis de la Diputació de Barcelona, que va promoure estudis específics d'electricitat i de mecànica i que va funcionar fins l'any 1924. Dins d'aquest Institut hi havia l'Escola de Directors d'Indústries Elèctriques, que plantejava un sol nivell d'estudis de quatre anys d'especialització en electricitat. El diploma final era el de director d'indústries elèctriques. No podia ser el de tècnic o enginyer perquè l'ensenyament tècnic estava reglat pel Ministeri i per tant es tractava de formar persones amb coneixements tècnics i pràctics per poder efectuar l'electrificació de la indústria i treballar en les empreses elèctriques que s'havien implantat a Catalunya. Tenien un aprenentatge intensiu en electrotècnia.

## Experimentació i aplicacions industrials a Barcelona

Si llegim alguna crònica sobre la introducció de l'enllumenat elèctric a Espanya, segurament ens dirà, entre altres coses, que va ser un farmacèutic i catedràtic de química de la Universitat de Barcelona, Francesc Domènech (1820-1904), qui, el juliol de 1852, va realitzar el primer assaig de llum elèctrica a la seva farmàcia del carrer de la Unió de Barcelona. De fet, però, aquesta prova va portar una llarga i aferrissada controvèrsia sobre la primacia del fenomen elèctric a la Ciutat Comtal, ja que un aparell d'enllumenat de l'Escola Industrial de Barcelona havia servit per organitzar una prova pública uns mesos abans.

En la seva creació, l'any 1851, l'Escola d'Enginyers Industrials de Barcelona es va situar a l'antic convent de Sant Sebastià, un edifici procedent de la desamortització que llavors ocupava la Junta de Comerç. Els laboratoris de l'Escola estaven ben proveïts, entre altres coses perquè tots els antics estudis de la Junta de Comerç van passar a formar-ne part. El 15 de novembre de 1851 s'hi va realitzar un experiment públic d'enllumenat elèctric per arc voltaic. El director de l'Escola era Josep Roure i Estada (1787-1860). Però no era la primera vegada que es feia una prova d'enllumenat elèctric a Espanya. Pel maig de 1851 ens consta que a la Universitat de Santiago de Compostela ja se'n havia fet una, encara que possiblement era amb un regulador manual. No ho coneixem. A Barcelona, l'energia la va subministrar una pila Wollaston de què disposava el laboratori, i el 19 de maig de 1852 es repetia l'experiment amb l'ajut de les noves piles Bunsen.

Poc temps després, al capvespre del 10 de juliol de 1852, és quan Francesc Domènech va provar un aparell elèctric d'arc voltaic a la seva farmàcia. Roure i Domènech no estaven en bones relacions per qüestions professionals, i després d'aquesta prova es va encetar la polèmica sobre qui tenia el privilegi d'haver fet el primer assaig d'enllumenat elèctric a la ciutat. Els raonaments giraven entorn a qui havia utilitzat abans llums d'arc regulats automàticament, no pas manualment. Deixant a banda la polèmica, el que es denota és el gran coneixement tècnic d'ambdós científics a l'hora d'utilitzar l'electricitat de la pila i fer-ne l'experimentació.

Durant aquell 1852 i els anys següents es van efectuar altres proves d'enllumenat, fetes amb piles elèctriques; unes van funcionar millor que altres. Per exemple, la que es va fer el 17 d'agost a la plaça de l'Ajuntament de la vila de Gràcia o la de Renard Germain al castell de Montjuïc.

L'experimentació amb l'electricitat i l'enllumenat elèctric van continuar a l'Escola Industrial, que va anar adquirint altres tipus de piles i aparells elèctrics, com ara la pila Wollaston i posteriorment piles més potents, com les Grove, Daniell o Bunsen. Però la utilització de les piles per enllumenar va ser molt limitada i en casos molt concrets, com per exemple la instal·lació que es va fer durant tres mesos, situats entre 1862 i 1864, per il·luminar els treballs de perforació del túnel de Gelida a la línia del ferrocarril de Barcelona a Vilafranca. De fet, les piles es van emprar molt més en la galvanoplàstia, per exemple a l'establiment que tenia J. Isaura a Barcelona.

El que canvià completament de plantejament va ser l'adquisició per part de l'Escola d'Enginyers, l'any 1875, d'una dinamo Gramme, la primera que arribava a Espanya, i d'un regulador de llum d'arc que va permetre conèixer directament aquests dispositius i, a la vegada, provar el seu funcionament. Va ser un punt de referència per a la història de la nostra electrificació. La dinamo va ser adquirida per l'Escola a través de l'establiment dels Dalmau: Francesc Dalmau i Tomás J. Dalmau, propietaris d'un taller d'òptica i encarregats de fer gestions d'adquisició d'instruments científics a l'estranger.

Hem trobat que es cita que «la primera fàbrica s'instal·là l'any 1875 a la Rambla de Canaletes, número 10, i la seva maquinària queda integrada per quatre motors de gas de 50 HP, cadascun dels quals mou una màquina "Gramme" de 200 voltampers», però aquesta notícia no ho diu tot. Que hi va haver una instal·lació al lloc esmentat és cert, però, malgrat que el projecte era per a quatre màquines, només se n'hi va instal·lar una, i la central es va posar en marxa l'any 1883 i es va tancar l'any 1884. Més important va ser la central del carrer del Cid, la primera que es va instal·lar a la ciutat, i per suposat la gran central de les Hortes de Sant Beltran, al Paral·lel, un indret que es podria anomenar el bressol de l'electrificació de Catalunya.

En qualsevol cas, Barcelona fou la primera ciutat espanyola que va adoptar i desenvolupar la indústria elèctrica, només tres anys després d'haver-se inventat la màquina Gramme. Un any després, el 1876, La Maquinista Terrestre i Marítima, situada també a Barcelona, establí l'enllumenat elèctric en una de les seves naus, i en anys posteriors van ser diversos els establiments catalans que, dirigits per l'enginyer Narcís Xifra, van instal·lar la nova tècnica d'enllumenat.



Una de les proves va efectuar-se, a proposta de Tomàs Dalmau, a la fragata de la marina espanyola Vitoria, que es trobava ancorada al port.

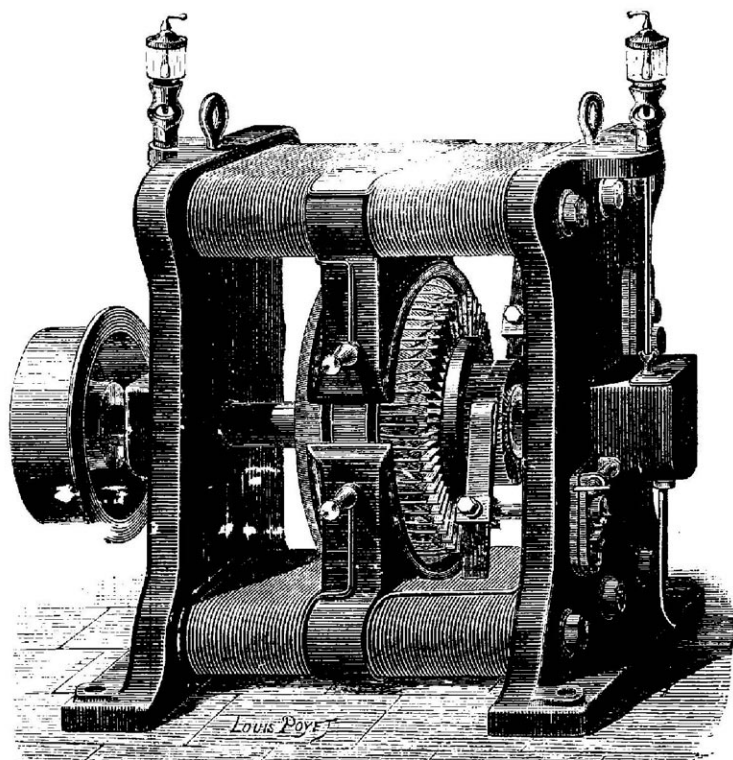


Figura 2. Màquina Gramme L5 construïda a Barcelona el 1890 (*La Ciencia Eléctrica*, juliol de 1890, pàg. 14).

Però el veritable punt de partida per a la història de l'electricitat a Espanya el constitueix la fundació, l'any 1881, de la Sociedad Española de Electricidad dirigida per Tomàs Dalmau, i que tingué com a tècnic principal l'enginyer Narcís Xifra, amb una demostració de coneixement tècnic no gens menyspreable. És cert que ni Catalunya ni Espanya no eren països on s'investigués, però sí que estaven al corrent de les innovacions tècniques, i s'adoptaren quan eren les adequades. Aviat aparegueren altres grups econòmics de fora del país que també promovien l'electricificació, com és el cas de la fundació a Barcelona la companyia Anglo-Española de Electricidad l'any 1882. El 1889 s'establí a Madrid la Compañía General Madrileña de Electricidad, promoguda per AEG, en unió amb Deutsche Bank, i el 1890, a Barcelona, la casa Siemens & Halske, de Berlín.

L'Exposició Universal celebrada a Barcelona el 1888, no tan sols va donar fama a la ciutat, sinó que fou l'ocasió d'aplicar l'enllumenat elèctric, tant dins del recinte i edificis de la mateixa Exposició com en diversos carrers de la ciutat. Com es pot veure a la taula que segueix, l'enllumenat el van proveir empre-



ses espanyoles com la Sociedad Española de Electricidad o Planas, Flaquer y Companyia, que representava Ganz & Company de Budapest, o l'Anglo-Espanola de Electricidad, com també la francesa Compagnie Continental Edison. De fet, hi va haver una mostra dels principals aparells elèctrics, malgrat que no hi va haver moltes cases constructors.

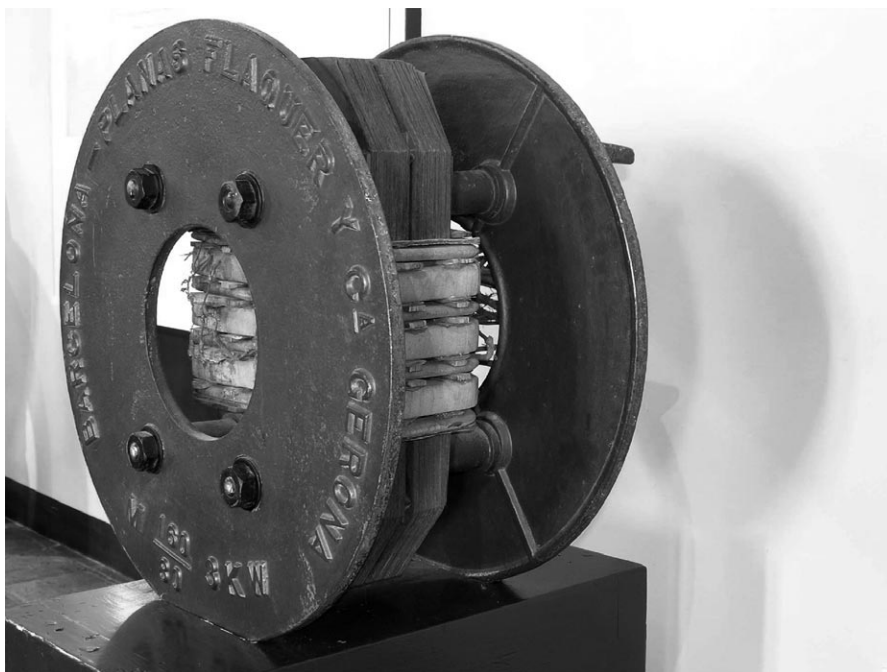


Figura 3. Transformador de 3 KW, 130/30 V, tipus Ganz, fabricat per Planas, Flaquer i Cia (Font: Museu d'Història de Girona).

Taula 1. Exposició Universal de Barcelona, 1888. Instal·lacions elèctriques

Edifici	Sistema elèctric utilitzat	
Palacio de la Industria	Ganz & Co.	108 Arcs Zipernowsky
	Comp. Continental Edison	72 Arcs Pieper 700 llums Edison
Galería del Trabajo	Comp. Continental Edison	
Palacio de material de ferrocarriles y construcción	Comp. Continental Edison	
Palacio de las Colonias	Comp. Continental Edison	
Galería de Máquinas	Ganz & Co.	20 Arcs Zipernowsky
Sección Marítima	Ganz & Co.	160 Llums Khotisky
Palacio de Bellas Artes	Sociedad Española de Electricidad	82 Arcs Gramme 105 Llums Swan
Palacio de Ciencias		
Umbráculo Parque		
Fuente Mágica	Anglo-Espanola de Electricidad	15 Arcs Brush