

NOVES TÈCNIQUES DE CALEFACCIÓ A LA BARCELONA DE LA SEGONA MEITAT DEL SEGLE XIX

FRANCESC X. BARCA SALOM

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA.

BARCELONA. CATALUNYA.

Resum: A la dècada de 1860, en el breu període de quatre anys, dos treballs sobre calefacció van veure la llum: Consideraciones generales acerca de las aplicaciones de ciertos principios científicos a la teoría y construcción de los aparatos de calefacción, escrit per Lucas Echeverría Ugarte, i Calentamiento y ventilación de edificios, del qual fou autor Francisco de P. Rojas y Caballero Infante. El primer treball fou llegit com a memòria de torn a la Reial Acadèmia de Ciències i Arts de Barcelona el 10 de març de 1864 i ha restat manuscrit fins a l'actualitat. El segon, en canvi, fou publicat i premiat per la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de Madrid el 1868. Tots dos havien estat elaborats per dos professors de l'Escola d'Enginyers Industrials de Barcelona. En aquest article s'analitzen aquestes dues memòries dins el seu context i es destaquen les innovacions presentades pels autors tant des del punt de vista teòric com pràctic. El nostre propòsit no és altre que provar que aquests treballs, poc coneguts i poc estudiats, estaven dins els corrents europeus de l'època. Es tracta d'un exemple més de la transmissió de coneixements que es difonien des de l'École Centrale des Arts et Manufactures de París cap als altres països de l'entorn.

* Correspondència: Francesc X. Barca Salom

c/ Roger de Flor, 289, 1r.

08025 Barcelona

e-mail: francesc.barca@gmail.com

Paraules clau: calefacció, segle XIX, Barcelona, formació en enginyeria industrial

New techniques of heating in Barcelona during the second half of the XIX century

Summary: *Two works on heating were produced within the space of four years in the 1860s: Consideraciones generales acerca de las aplicaciones de ciertos principios científicos a la teoría y construcción de los aparatos de calefacción by Lucas Echeverría and Calentamiento y ventilación de edificios by Francisco de P. Rojas. The former was read as a paper in the Royal Academy of Sciences and Arts in Barcelona in March 1864 and has remained a manuscript ever since. The latter, by contrast, was published and awarded a prize by the Royal Academy of Exact, Physical and Natural Sciences in Madrid in 1868. Both works were written by professors of the School of Industrial Engineering of Barcelona. We consider the two studies within their context, highlighting the innovations presented by the authors from the practical and theoretical perspectives. We show that these works, which were little known and little studied, formed part of the European trend of the time and are good examples of transfer of knowledge diffused by the École Centrale des Arts et Manufactures of Paris to other countries.*

Key words: *heating, XIX century, Barcelona, industrial engineering training*

La calefacció a Espanya: una gran desconeguda

En 1874, l'enginyer Gumersindo Vicuña explicava com se solien resoldre les necessitats de calefacció a Espanya: «*para caldear un edificio público o privado basta colocar unas cuantas estufas, chimeneas o braseros en ciertas habitaciones*» (Vicuña, 1874: 361). Afirmava que en el cas dels edificis públics, molt pocs n'hi havia a Espanya que estiguessin ben calefactats, mentre que els privats resolien el problema habitualment amb els brasers. Aquests elements eren tan barats com perillosos ja que la combustió produïda en ells generava, a més de diòxid de carboni, que viciava l'aire, el letal monòxid de carboni.

Vicuña tractava de justificar aquesta lamentable situació per la bondat del clima, tot i que reconeixia que en algunes ciutats espanyoles a l'hivern s'assolien temperatures molt baixes. La misèria i la pobresa en què vivia la població no afavoria la implantació de noves tècniques de calefacció per a usos privats. A més, les considerables oscil·lacions de la temperatura entre el dia i la nit complicaven la seva implementació. Aquests arguments no deixaven de ser excuses per obviar el problema de fons. La calefacció era necessària per dues raons: per salut i per confort, i cap de les dues no era prou valorada ni tan sols per aquells que l'havien d'aplicar: els metges i els arquitectes, que en desconeixien la seva importància.

Lo más triste del caso es que la mayoría de nuestros arquitectos y médicos desconocen también las cuestiones técnicas de calefacción y ventilación, que por cierto no forman parte de las enseñanzas que en sus respectivas escuelas se profesan. (Vicuña, 1874: 361)

Però mentre en el currículum dels metges i dels arquitectes la calefacció no era considerada, els enginyers s'endinsaven en aquests continguts i els assimilaven com a propis sense que, pel que sembla, els seus treballs tinguessin una directa repercussió en la salut o el confort dels edificis, si més no de manera immediata.

El primer llibre que aborda el tema de la calefacció a Espanya es deu a un enginyer industrial format a París, a l'École Centrale des Arts et Manufactures: Eduardo Rodríguez, que va exercir de professor de física general i aplicada al Reial Institut Industrial de Madrid el 1858. Es tracta de l'obra *Manual de Física General y Aplicada a la Agricultura y a la Industria* de la qual va fer ús a les seves classes.

En aquesta obra, després de considerar la calor necessària i les pèrdues que es produeixen a través de vidres i tancaments i descriure els diferents sistemes per establir una calefacció adient, Rodríguez feia una descripció de la catastròfica situació de la calefacció a Espanya:

las casas antiguas no la tienen, ni tampoco medio fácil de colocarlas, y en todas es el brasero el método de calentar generalmente empleado. Si consideramos los edificios públicos, como bibliotecas, museos, oficinas, hospitales, iglesias, cuarteles y otros muchos que pudiéramos citar, ninguno está caldeado con un sistema general; siendo también el brasero, y cuando más una estufa, el medio de calentar, o no empleando ninguno, que es lo general: si en algún edificio se han colocado caloríferos, no se encienden, o porque tienen mal las condiciones necesarias o por otras causas, pero que nada extraño es que así suceda cuando está en ellos estampado el punto de su construcción, y éste es París, desde donde no es fácil haber apreciado convenientemente los datos para resolver el problema. (Rodríguez, 1858: 366-367)

Aquestes reflexions serveixen per constatar que durant la vintena d'anys que separen la publicació del llibre d'Eduardo Rodríguez i l'aparició de l'article de Gumersindo Vicuña no hi havia hagut gaires canvis substancials en la introducció de les tècniques de calefacció en els edificis a Espanya, malgrat els esforços dels enginyers industrials.

Els avenços provenien del nord

Mentre Espanya seguia resolent el problema de la calefacció amb els brasers, Anglaterra i França avançaven en el desenvolupament de nous sistemes. Les xemeneies tradicionals havien estat millorades considerablement al segle XVIII amb els treballs de Nicolas Gauger a

França,¹ de Benjamin Franklin² als Estats Units i sobretot del comte Rumford,³ que a més d'oposar-se a la teoria del calòric⁴ va introduir millores fonamentals a les xemeneies. Aquests canvis consistien a construir un fogar més reduït amb panells orientats al biaix cap a la cambra per tal d'enviar la calor de radiació cap a l'interior del local. També es feia circular l'aire per darrere, pels costats o per sobre del fogar per tal de recuperar la calor i fer que fos l'aire calent el que contribuís a la calefacció en lloc de deixar-lo només en mans de la radiació (Gallo, 2006a: 37; Donaldson & Hagengast, 1994: 28; Garrison, 1927; Joly, 1872; Figuier, 1867).

Però els canvis succeïts a finals del segle XVIII i principis del segle XIX van anar en la direcció de potenciar els sistemes de calefacció central en edificis públics. Es tractava de sistemes que produïen la calor de manera centralitzada i que la distribuïen després mitjançant un fluid portador que podia ser aire, aigua o vapor. Eren sistemes destinats més aviat a edificis col·lectius com hospitals o presons que no pas a usos domèstics.

Ja a mitjan segle XVIII, el Palau Nou de Postdam va ser dissenyat amb una calefacció per aire calent i a finals de segle s'hi afegiren: una clínica a Mainz, una fàbrica de cotó a Belper i l'hospital de Derbyshire. Les estufes d'aire calent de porcellana es van difondre per Europa des dels països nòrdics i la Confederació Alemanya cap a països més càlids com França (Garrison, 1927: 59; Donaldson & Hagengast, 1994: 30-35).

L'ús de l'aigua calenta per a calefacció s'inspirà en les fonts termals, però les seves aplicacions, escasses en el segle XVIII, tingueren lloc en hivernacles com el dissenyat per Martin Triewald el 1716 a Newcastle-upon-Tyne (Donaldson & Hagengast, 1994: 41). A la França de finals de segle Jean Simon Bonnemain va aplicar la calefacció per a aigua calenta a una planta incubadora de pollets. El personatge més important per a la seva difusió va ser un noble francès arrelat a Anglaterra, Jean Frédéric Marquis de Chabannes, que va patentar diversos aparells i va escriure alguns pamflets divulgatius tot inspirant-se en la idea de Bonnemain (Gallo, 2010: 1117-1126; Gallo, 2006b: 1043-1060).⁵

1. *La Mécanique du Feu* de Nicolas Gauger va ser publicada el 1713 i va ser el primer estudi analític sobre les llars de foc.

2. Benjamin Franklin (1706-1790) va treballar sobre el problema de les llars de foc i va dissenyar i inventar en 1740 la llar de foc Pennsylvania, que evitava el corrent de fum descendent i proporcionava major eficiència en la calefacció. Franklin va publicar les seves *Observation on Smokey Chimneys* en 1793 i va donar regles sobre les dimensions de les llars de foc, així com el disseny de diversos tipus.

3. Benjamin Thompson, comte de Rumford (1753-1814), a *Chimney Fireplaces*, i més endavant en el seu *Essay* de 1798, va introduir el regulador que permetia controlar l'aire fresc incorporat i per tant la velocitat de combustió dins de l'estufa.

4. Rumford a les seves *Mémoires sur la chaleur, par le Comte de Rumford* (París: Chez Firmin Didot, Libraire, 1804) detallava els experiments realitzats i la seva polèmica amb Bertholet. Mentre Rumford considera que la calor era moviment, Bertholet —amb el recolzament de l'Institut de França— defensava que la calor era un fluid que passava d'un cos a un altre.

5. Com ens explica Emmanuelle Gallo a la seva tesi, alguns contemporanis de Chabannes el van acusar d'haver copiat a Bonnemain (Anselme Payen o Andrew Ure). Tanmateix, el seu mèrit caldria trobar-lo en el fet d'haver sabut agafar les bones idees i revaloritzar-les (Gallo, 2006c: 207).

Com en el cas dels altres fluids caloportadors, les primeres temptatives d'utilitzar el vapor es remuntaren al segle XVIII. Així, el 1745 William Cook, en una memòria llegida a la Royal Society i publicada a les *Philosophical Transactions* de 1745, establia referències per a l'ús del vapor per a calefacció. El primer text que parla d'aquest sistema, però, el va fer l'enginyer Robertson Buchanan en un pamflet titulat *Essay on the Warming of Mills and Others Buildings by Steam* el 1807. Va caldre però que James Watt l'emprés per escalfar casa seva perquè arran d'això la Boulton & Watt s'ocupés de la calefacció d'edificis.

No obstant això, llevat del cas d'alguns hivernacles, no va ser a Anglaterra on va tenir lloc la difusió d'aquesta tecnologia, sinó als Estats Units. Les calderes i radiadors dissenyats per Watt topaven amb les normatives de seguretat i amb un manteniment elevat. Però als Estats Units aquesta tecnologia va ser perfeccionada amb als treballs de John Henry Mills, que va dissenyar una caldera de ferro dividida en seccions. Els avenços en la calefacció per vapor van continuar a la dècada de 1880 amb la instal·lació d'una central productora de vapor i la corresponent xarxa de distribució a Nova York. Aquest treball, dut a terme per l'empresa New York Steam Company, va rebre el nom de «*district heating*», districte de calefacció (Donaldson & Hagengast, 1994: 60).

Seguint la influència científica de Buchanan (Gallo, 2008: 347-355) l'enginyer autodidacta anglès Thomas Tredgold va publicar en 1824 un dels tractats més influents en el segle XIX: *Principles of Warming and Ventilating Public Buildings, Dwelling Houses, Manufactories, Hospitals, Hot Houses*. La primera edició d'aquesta obra es va exhaurir d'immediat i l'autor va editar-ne una altra de millorada que fou traduïda l'any següent al francès per T. Duverne, cosa que va incrementar la seva difusió. Respecte a la calefacció, Tredgold se centrà en l'ús del vapor com a fluid caloportador, del qual defensava els seus avantatges per sobre dels altres sistemes per la facilitat de ser transportat en totes direccions amb poca pèrdua de calor.

Jo penso doncs que en un establiment d'hivernacle calent, on la necessitat de diversos focs pot ser reduïda al manteniment d'un de sol, la calefacció a vapor és preferible, suposant que sigui conduït amb les precaucions necessàries; però en els altres casos, els conductes a fums són més convenients. (Tredgold: 1825, 28)⁶

Tredgold reconeixia que el vapor no solia ser utilitzat per la calefacció en habitatges particulars encara que, segons ell, s'hauria d'utilitzar com a complement a les xemeneies per escalfar les zones comunes com sales, passadissos o escales. Potser per això Tredgold centrà el seu treball en les aplicacions per a edificis públics, com esglésies, aules, teatres, hospitals i presons, i també en edificis fabrils, com hivernacles, fàbriques i tallers. Respecte als hospitals aconsellava emprar el vapor de manera que la caldera permetés elevar-lo fins

6. La traducció és feta per l'autor.

al darrer pis i que a partir d'allà fos conduït per canonades als diferents indrets de l'edifici per tal de mantenir una temperatura uniforme a tots els racons. Menys atenció dedicava a les presons, on considerava innecessari escalfar les cel·les dels presoners i solament aconsellava calefactar la infermeria (Tredgold, 1825: 277). La novetat del treball no amagava l'escassetat de les aplicacions pràctiques. Són especialment significatives les làmines i les descripcions que fa al final del seu llibre, ja que solament es refereixen a una capella, una fàbrica de seda i uns hivernacles.⁷ Probablement eren els únics llocs on el vapor havia estat aplicat amb prou èxit.

El vapor va ser també el sistema de calefacció que Reid va aplicar a les cambres del Parlament britànic. David Boswell Reid, professor de física a Edimburg, va ser cridat el 1834 a Londres per escalfar i ventilar les noves cambres del Parlament, que s'havia incendiat aquell mateix any. Reid va optar per utilitzar el vapor d'aigua. L'aire era conduït als plènums, on era escalfat mitjançant una bateria d'escalfadors (Donaldson & Hagegast, 1994: 68).

En treballs posteriors, Reid va evolucionar des de l'ús del vapor a l'ús de l'aigua calenta. El 1844 Reid va publicar *Illustrations of the theory and practice of ventilation with remarks on warming, exclusive lighting, and the communication of sound*, que és un treball indispensable per entendre el canvi que s'havia produït a la primera meitat del segle XIX. Aquesta obra es va convertir en un manual fonamental no només de les diferents tècniques de calefacció, sinó també de ventilació, en ús en aquells anys. En ella, Reid analitza els diferents sistemes de calefacció —llar de foc oberta, estufa, aparell de vapor i aparell d'aigua calenta— i es decanta per aquest darrer. La seva experiència li havia fet constatar que la calefacció de vapor, tot i ser més econòmica de construcció i anar bé per al transport a llarga distància, no acabava de funcionar si s'havia d'aplicar a una cambra en la qual calgués fer mescla amb aire fred. A més, en els edificis públics escalfats amb tubs de vapor, a banda del soroll que produïen, el resultat obtingut no era tan satisfactori com amb els aparells d'aigua calenta (Reid, 1844: 241).

Aquesta evolució el va portar a dedicar un extens apartat del seu llibre a descriure els aparells utilitzats per la calefacció amb aigua calenta. Una aigua que, en no haver-hi encara sistemes de bombament prou perfeccionats, es feia moure amb el que avui coneixem com a termosifó, és a dir, la propietat de l'aigua de disminuir la seva densitat a major temperatura: l'aigua calenta ascendeix, en ser més lleugera, mentre que la freda descendeix, generant així una circulació natural. Reid havia rebut la influència directa del marquès de Chabannes, de qui va manllevar uns extensos paràgrafs del seu opuscle i algunes imatges. Tanmateix, tot i reconèixer els mèrits de l'inventor francès, Reid opinava que l'autèntic progrés s'havia fet

7. Les làmines VII i VIII descriuen la capella de Portland a Cheltenham, que havia estat equipada amb calefacció a vapor mitjançant una caldera construïda per Bailey el 1821. També recull la Fàbrica de seda pertanyent a Shute & Cie situada a Watford, construïda el 1817 per Bailey de Holborn. Finalment, a la làmina següent descriu un complex d'hivernacles de propietat particular propers a Londres construïts també per Bailey el 1821 (Tredgold, 1825: 425).

amb les calderes i altres millores construïdes per Atkinson, Barrow i Turner (Reid, 1844: 242-253).

El 1854, Reid va dissenyar la calefacció del St. George Hall. Aquest era un enorme edifici situat al centre de Liverpool que estava destinat a allotjar les activitats públiques de la ciutat. Reid va aplicar aquí un sistema similar al que havia emprat al Parlament, però a més de vapor també va introduir l'aigua calenta per a la calefacció de la sala gran (Great Hall), la cort de justícia (Law Court), la sala de concerts (Concert Room) i altres espais. Combinava així vapor i aigua calenta. El primer el feia servir per preescalfar diversos locals abans de començar les activitats. Posteriorment aturava el vapor i l'aigua calenta s'ocupava de mantenir la temperatura (Donaldson & Hagengast, 1994: 69).

Els treballs dels tècnics anglesos van difondre's a altres països europeus, com França, mitjançant alguna exposició universal, per bé que trigaren anys a assolir el mateix nivell de desenvolupament.⁸

La irradiació de coneixements de l'École Centrale de Paris

Les teories higienistes sorgides durant el segle XIX com a conseqüència de la identificació de la tuberculosi com a malaltia cap a la dècada de 1820, posaren sobre la taula les necessitats de mantenir salubres els edificis. En aquest context, la creació de l'École Centrale des Arts et Manufactures va donar lloc a la formació d'uns enginyers generalistes que tingueren un paper clau en el desenvolupament i l'aplicació de sistemes centralitzats de calefacció i en la seva aplicació en edificis públics, en particular els que més ho requerien, com els hospitals i les presons (Gallo & Thomine, 2004: 200). Des de la seva constitució el 1828, l'École Centrale va comptar amb la figura destacada d'Éugène Péclet que amb la seva docència va contribuir a crear unes generacions d'enginyers sensibilitzats amb la importància de la calefacció no sols per raons de confort sinó sobretot per raons d'higiene.

Jean Claude Eugène Pecllet (1793-1857) era físic i matemàtic de formació i havia estat deixeble de Gay-Lussac. Sent professor de l'École Centrale va escriure el *Traité de la chaleur considérée dans ses applications*, compost per tres extensos volums dels quals es feren diverses edicions, i també *Nouveaux documents relatifs au chauffage et a la ventilation des établissements publics*, que va publicar com a complement a la segona edició del tractat anterior mentre preparava la tercera edició que va veure la llum de manera pòstuma. El 1843 va formar part de la comissió per examinar els projectes de calefacció i ventilació de la

8. Artur Jules Morin va quedar sorprès arran de l'Exposició Universal de 1862, celebrada a Londres, dels avenços que s'havien produït en aquest camp. Potser per això encapçalava el seu llibre amb una descripció dels treballs de Reid al Parlament britànic i destacava que el manual escrit per aquest autor anglès era una evidència de l'endarreriment de França respecte Anglaterra (Morin, 1863: 1-10). Posteriorment, en 1872, Victor Charles Joly es queixava en el pròleg del seu llibre de l'endarreriment de França quant a l'aplicació de les tècniques de calefacció, ventilació i aigua calenta en els edificis particulars, tot i que reconeixia que s'havien fet progressos en l'aplicació en edificis públics (Joly, 1872: I-IX).

presó de Mazas a París on es va escollir un projecte que combinava vapor i aigua calenta presentat per Philippe Grouvelle. El sistema consistia a escalfar aire per contacte amb tubs per on circulava aigua calenta la qual era escalfada mitjançant uns generadors de vapor situats als soterranis i que portaven la calor fins a uns recipients d'aigua situats a cada pis. Els postulats higienistes van trobar en les presons un fre important produït per la forta polèmica sorgida entre els partidaris de tenir cura de la salut dels presoners i els que ho consideraven un privilegi nefast als ulls de la resta de treballadors «honrats» (Péclet, 1878: III, 427).

La calefacció s'impartia dins la matèria de física industrial de la qual s'ocupà Péclet fins a la seva mort, el 1857, i el va seguir Léonce Thomas. Posteriorment ho féu Louis Ser i, fins a finals del segle XIX, Jules Grouvelle. Sols amb aquests professors ja es poden veure les vinculacions amb el sector d'empreses especialitzades com la societat de Philippe Grouvelle que, associat amb el seu fill Jules, va posar en marxa un sistema de millora quant a la regulació i a la construcció de calderes. Louis Ser va ser també enginyer d'assistència pública i d'hospitals públics i s'encarregà de supervisar-ne un gran nombre. Émile Trélat, també *centralien* i arquitecte del departament del Sena, va avaluar la calefacció de la presó de Nanterre i més endavant la de la Sorbone (Gallo & Thomini, 2004: 199-201).

Els treballs dels professors de l'École Centrale van tenir difusió no sols en altres escoles del país —com a l'École Spéciale de Travaux Publics, on va impartir classes George Espitallier, autor del *Cours raisonné et détaillé du Bâtiment-Chauffage et ventilation*— sinó més enllà de l'hexàgon. Així fou com els manuals publicats pels professors de l'École Centrale influïren sobre els ensenyaments de Hermann Rietschel a l'Escola d'Alts Estudis Tècnics de Berlín (Technischen Hochschule Berlin) i també als que impartia a l'ETH de Zuric el professor M. Hottinger (Gallo, 2008: 347-355). Com veurem més endavant, la influència dels *centraliens* va afectar també els professors de l'Escola d'Enginyers Industrials de Barcelona.

Però no solament Péclet i l'École Centrale influïren de manera directa a l'Escola d'Enginyers Industrials de Barcelona, també Morin i el Conservatoire des Arts et Métiers van ser-ne claus. Arthur Jules Morin (1795-1880) havia estat alumne de l'École Polytechnique i, abans de concloure els seus estudis, va allistar-se a l'exèrcit per defensar París en els darrers moments del govern de Napoleó. Més tard, a l'École d'Application de Metz, va seguir estudis pràctics d'enginyeria militar de la mà de Poncelet i es va incorporar a l'exèrcit com a lloctinent primer i el 1855 ja era general de divisió d'artilleria. Abans, però, va ser professor de mecànica a Metz i va contribuir a la creació del Conservatoire des Arts et Métiers, on també va impartir mecànica. Morin va defensar sempre la doble vessant d'aprenentatge, teòrica i pràctica (O'Connor & Robertson, 2008). El 1840 va ser nomenat director del Conservatoire, càrrec que va exercir durant trenta anys. Entre altres publicacions, va ser autor de dos volums titulats *Études sur la ventilation*, obra fonamental per conèixer l'evolució dels ensenyaments de la calefacció. Aquest manual va exercir, també,

una clara influència a l'Escola d'Enginyers Industrials de Barcelona, com veurem en analitzar a continuació les dues memòries escrites respectivament pels professors Lucas Echeverría i Francisco de P. Rojas.

La memòria d'Echeverría

Les activitats de la Reial Acadèmia de Ciències i Arts de Barcelona a la dècada de 1860 consistien, a banda de les comissions especials i dels dictàmens, en la celebració de reunions científiques en les quals els acadèmics llegien unes memòries de torn on donaven a conèixer algun aspecte la seva activitat científica. Completaven aquestes sessions unes altres consistents en la lectura d'extractes de revistes científiques (Barca, 2010: 9). El 10 de març de 1864, Lucas Echeverría va llegir de torn una memòria titulada: *Consideraciones generales acerca de las aplicaciones de ciertos principios científicos a la teoría y construcción de los aparatos de calefacción*.

Lucas Echeverría Ugarte havia nascut a Vitòria-Gasteiz el 1831 i va obtenir el batxillerat el 1849 a l'Institut de Vitòria on va exercir com a ajudant a la Càtedra de Física. Posteriorment es va llicenciar en ciències el 1854 a la Universitat de Madrid (Anduaga, 2008). El març de 1854 va ser nomenat ajudant de química a l'Escola Industrial de Bergara i el 1856 la Direcció General d'Instrucció Pública li va encarregar la Càtedra de Física General i Aplicada, sembla que sense remuneració, de la qual l'any següent va aconseguir la càtedra en propietat. El setembre de 1860, a causa del tancament de l'Escola de Bergara, va ser traslladat a l'Escola d'Enginyers Industrials de Barcelona com a catedràtic de mecànica industrial.⁹ En aquesta ciutat va compaginar aquestes classes amb unes de mecànica racional que va impartir a la Facultat de Ciències de la Universitat de Barcelona entre 1860 i 1866 (el curs 1860-1861 de forma interina), quan les va deixar en ser nomenat catedràtic d'aquesta matèria José de Tos Feitto. El 1864 va assolir a l'Escola d'Enginyers de Barcelona, on impartia classes, el títol d'enginyer industrial. També es va doctorar el 1869 amb una tesi titulada *Teoría general del movimiento de las máquinas* la qual, juntament amb l'expedient corresponent, es troba a l'Arxiu de la Universitat de Barcelona.¹⁰ Amb el doctorat assolit, el 1870 va fer un intent, encara que fallit, de marxar a Madrid per ocupar la Càtedra de Mecànica Racional que havia quedat vacant i per això hi va enviar un escrit amb una recomanació del director de l'Escola Industrial de Barcelona, aleshores Ramon de Manjarrés, qui destacava la seva aptitud científica. No obstant això, Echeverría no va aconseguir aquesta plaça i va continuar com a professor de l'Escola d'Enginyers Industrials de Barcelona on va ser nomenat director el 23 d'agost de 1891 en substitució de Manjarrés, que havia aconseguit trasllat

9. També havia treballat de regent de segona classe d'història i geografia el 1849 a l'Institut de Vitòria i de substitut del catedràtic de Química Orgànica el 1853 a la Universitat Central de Madrid, abans de traslladar-se a l'Escola Industrial de Bergara (Caballer, Llombart & Pellón, 2001: 111).

10. Expedient personal, Arxiu Històric de la Universitat de Barcelona.

a Sevilla.¹¹ Malauradament, Echeverría no va poder exercir el càrrec gaire temps ja que va morir onze dies després. El dia següent al seu traspàs, el 5 de setembre, el *Diario de Barcelona* narra el luctuós esdeveniment segons el qual la mort li havia arribat sobtadament per un atac d'apoplexia ocorregut a casa seva mentre signava uns documents de l'Escola (*Diario*, 1891: 10.379).

A banda de la seva activitat docent, Lucas Echeverría havia estat membre de l'Institut Agrícola Català de Sant Isidre (IACSI), de la Societat Barcelonesa d'Amics del País i havia estat president de l'Associació d'Enginyers Industrials de Barcelona i de la Reial Acadèmia de Ciències i Arts (RACAB) d'aquesta mateixa ciutat el 1868-1869. En aquesta institució va ocupar també altres càrrecs com encarregat (1865), secretari (1863, 1867) i director (1880, 1886, 1890) de la Secció de Ciències Físicoquímiques, bibliotecari (1866), vicesecretari general (1875) i vicepresident (1866). Quan va ingressar a la Reial Acadèmia el 1862 va llegir una memòria de recepció titulada: *Sobre el fluido eléctrico*. En aquesta institució, a part de la memòria que ens ocupa, va llegir altres treballs entre els quals en destaca un, *Sobre la Termodinàmica* (1874), i un discurs inaugural sobre la *Influencia de los progresos de la Mecánica en la Agricultura* (1884). També fou autor de diversos extractes de revistes (1866) i va ressenyar alguns treballs duts a terme per aquesta institució (1866). Echeverría va publicar també algun article a la revista de l'IACSI (1867) i a la *Revista Tecnológico Industrial* (Nómina, 1913-1914: 62-66) i va presidir l'Associació d'Enginyers Industrials el curs 1880-1881.¹²

En la memòria que va llegir el 10 de març de 1864, Echeverría pretenia demostrar que calia aplicar algunes teories de la Física, de la Química i de la Mecànica per aconseguir una disposició més eficient dels aparells de calefacció. És a dir, que les teories científiques tenien unes clares aplicacions pràctiques en el disseny d'aquests aparells. Un element clau per a un bon disseny era el combustible, les característiques del qual esdevenien essencials per aconseguir un bon resultat. La teoria química intervenia aquí per poder explicar com tenia lloc la combustió, per determinar la potència calorífica del combustible i per analitzar la forma de transmissió d'aquesta calor, bé fos —per convecció— a través de l'aire o per radiació.

En primer lloc, Echeverría descriu en què consisteix el procés de la combustió, la necessitat d'oxigen i el corrent d'aire que es genera. Això el portava a considerar que per al cas dels fogars i les xemeneies calia evitar una mala combustió tot afavorint la circulació de l'aire calent. Després d'aquest plantejament previ, Echeverría cerca els exemples en alguns capítols del volum I del *Traité de la chaleur*, d'Eugene Pécelet, al qual segueix molt estretament. Així,

11. Expedient ETSEIB

12. «Discurso pronunciado por D. Lucas Echeverría al tomar posesión de la presidencia en la Junta general tenida con dicho objeto». *Revista tecnológico-industrial*. Año 3º, 1880. Barcelona: Establecimiento tipográfico de Damián Vilarnau, 1882, 13-18.

com aquest autor francès, Echeverría detalla les condicions que ha de tenir un material perquè sigui un bon combustible: 1) que la calor despresa sigui suficient per mantenir la combustió i que no hi hagi res que impedeixi la combustió; 2) que sigui prou abundant perquè no sigui gaire car, i 3) que els productes no generin efectes nocius. I, tal com havia fet Péclet i amb el mateix ordre, afirma que els millors materials combustibles són la fusta, el carbó de llenya, la turba, carbó de turba, hulla i coc, i, a més, que els cossos simples que els formen i que millor efecte útil produeixen són el carboni i l'hidrogen (Péclet, 1843: I, 48).

Si la combustió s'explica amb les teories químiques, la potència calorífica del combustible, o nombre de calories generades per combustió cada quilogram, es pot determinar per mètodes purament físics. Echeverría afirma conèixer dues maneres de fer-ho: una d'experimental i l'altra a través de les potències calorífiques dels seus components (carboni i hidrogen). Torna aquí novament a resumir uns paràgrafs del text de Péclet en què aquest autor explica l'evolució històrica de la determinació d'aquests valors. Comença amb les determinacions que havia fet Rumford amb el calorímetre inventat per ell, i segueix amb els altres calorímetres, de Lavoisier i Laplace. Ara bé, mentre que Péclet descriu aquests aparells i fins i tot en detalla alguns exemples numèrics, Echeverría només els esmenta. Segueix, però, el mateix ordre cronològic que el seu homòleg francès i es deté a comentar les millores de precisió obtingudes amb els experiments que el químic i físic belga nacionalitzat francès César Despretz (1791-1863) va fer amb el calorímetre de Rumford, i els experiments duts a terme pel científic francès Pierre Louis Dulong (1785-1838) amb un aparell semblant al de Rumford però del qual no coneixia els detalls, com tampoc no els coneixia Péclet (Péclet, 1843: I, 48). Curiosament, el resum d'Echeverría omet els treballs duts a terme a Amèrica per Marcus Bull el 1826 que sí són descrits per l'autor de l'École Centrale. Echeverría, en canvi, es deté més que Péclet a detallar l'altre procés de determinació del poder calorífic. Segons ell cal conèixer la composició del combustible i les potències calorífiques dels components: per un quilogram de combustible caldrà multiplicar el pes del carboni per la seva potència calorífica i el pes de l'hidrogen per la seva i sumar aquests dos productes.

Echeverría no aprofundeix tant com Péclet. No obstant això, creiem que no seria just afirmar que no conegués el tema amb profunditat, ja que avui sabem que entre els aparells dels quals disposava ja en el laboratori de l'Escola Industrial de Bergara hi havia un calorímetre de Rumford (Anduaga, 2008) i que a la biblioteca de l'Escola Industrial de Barcelona hi havia un exemplar del *Traité élémentaire de physique* de Despretz.¹³ Probablement, les característiques de la sessió de l'Acadèmia on va llegir la memòria el durien a simplificar alguns detalls per fer-la més entenedora.

13. Al fons històric de l'ETSEIB, a més del *Traité de la Chaleur* de Péclet hi ha un exemplar de la primera edició, de 1825, del *Traité élémentaire de physique* de C. Despretz (Paris, Méquignon-Marvis), que posteriorment va ser traduït al castellà per Francisco Álvarez el 1844.

A continuació, Echeverría estudia les dues maneres de transmissió de la calor produïda en la combustió a través de dos conceptes: el poder radiant dels diferents combustibles i la quantitat d'aire necessari per fer una combustió completa, cosa que el porta a determinar una fórmula del cabal volumètric d'aire. Per determinar la calor radiant o quantitat de calor emesa en totes direccions en un cos en combustió, Echeverría proposa directament emprar el calorímetre de Pécelet i multiplicar el resultat obtingut per un coeficient corrector la determinació del qual no queda clara si no es llegeix el mateix Pécelet, qui evidentment descriu l'aparell, i explica com havia fet els experiments i com determinava aquest coeficient corrector (Pécelet, 1843: I, 52).

L'obtenció de la quantitat d'aire necessària per a la combustió i de la quantitat de mescla aire i fum que surt per la xemeneia també requereixen, en opinió d'Echeverría, de la teoria química, ja que cal conèixer la composició de CO_2 , d'aigua i d'aire, així com els elements que componen 1 quilogram de combustible. Partint de la composició centesimal del CO_2 , es pot deduir el volum d'oxigen per kg de carboni i si se sap la composició de l'aire es pot determinar el volum que cal per contenir aquest oxigen. Ara bé, aquest mètode teòric, afirma Echeverría, no s'ajusta a l'experiència, ja que no tot l'oxigen que duu l'aire es combina amb el carboni i l'hidrogen. Això vol dir que a la pràctica cal, en condicions molt favorables, un volum d'aire doble del determinat teòricament (per als carbons de llenya, turba, hulla o coc) o d'1,5 per a la fusta.

Per a la determinació del volum de gasos produïts per la combustió, Echeverría aconsella utilitzar la fórmula:

$$V_T = V(1 + a \cdot t)$$

on V és el volum de tots els gasos considerats a 0° ; t és la temperatura mitjana, i a el coeficient de dilatació. V_T serà el volum de gasos per kg que travessen la secció de la xemeneia.

Un cop provada la necessitat de la física i de la química en el disseny dels aparells de calefacció, Echeverría sosté que també calen els coneixements de la mecànica general i en particular de la hidrostàtica i de la hidrodinàmica. I per això estudia un dels casos que se sol presentar que és la determinació de la velocitat d'una massa d'aire que travessa un cilindre vertical. Aquest cas també el tracta de manera similar Pécelet en el capítol IV del llibre abans esmentat (Pécelet, 1843: I, 141). Així, Echeverría, resumint alguns paràgrafs d'aquest professor de l'École Centrale, determina la velocitat de circulació natural de l'aire produïda pel canvi de temperatura dins un tub com si es tractés d'una xemeneia o conducte. I, com l'autor francès, ho aborda considerant que l'aire es comportés com un líquid de la mateixa densitat i aplica la mateixa fórmula de la caiguda dels cossos on $v = \sqrt{2gh}$ és la velocitat de sortida de l'aire. Per determinar h fa servir una altra fórmula, $h = Ha(t' - t)$, que substituïda a la fórmula anterior dona $v = \sqrt{2gHa(t' - t)}$. Amb ella pot

calcular la velocitat de sortida de l'aire en funció de la longitud del canal H , del coeficient de dilatació a i de les temperatures interior t i exterior t' . No s'entreté tant Echeverría com ho fa Péclet, el qual corregeix la fórmula de l'alçada i l'aplica a la velocitat per tenir en compte la quantitat d'aire que s'escapa de la combustió. Aquesta actitud resulta comprensible, ja que el mateix Péclet després d'aplicar aquestes correccions s'adona que l'error que es comet és negligible.

Seguint encara Péclet, Echeverría explica que caldria corregir les fórmules anteriors, ja que en elles no s'havia tingut en compte el fregament de l'aire amb les parets del canal cilíndric i esmenta els recents treballs de D'Aubuisson i Girard¹⁴ sobre el comportament de l'aire calent i dels coeficients correctors que cal aplicar. No detalla la determinació d'aquests paràmetres com ho fa Péclet, qui descriu diversos experiments realitzats amb xemeneies de diferents materials (terracota, xapa i fosa de ferro) i diferent estat de conservació. No vol dir això que Echeverría no donés importància a aquest tema ni que no conegués de manera més directa els treballs si més no de D'Aubuisson.¹⁵ Diem això perquè un llibre d'aquest autor, *Traité élémentaire de physique*, es troba actualment en el fons històric de l'Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Industrial de Barcelona, cosa que permet suposar que hagués pogut arribar a les seves mans.

La conclusió a la qual arriba és que per a la construcció de xemeneies, fogars, calderes, assecadors i altres aparells que necessiten calor cal recórrer sempre a les teories de la química, de la física i de la mecànica:

quedando comprobado lo que me propuse al empezar este desaliñado escrito, y demostrada de paso la inmensa importancia de las ciencias puras; no solo por lo que son en si, sino también por las aplicaciones que constantemente se hacen de sus leyes y principios a la resolución de toda clase de problemas que la práctica propone, conducentes al progreso material de los pueblos y el bienestar del individuo y de la sociedad. (Echeverría, 1864: 25)

La memòria d'Echeverría ens indica l'arribada de les noves idees de calefacció, i l'assimilació que d'elles feien els professors de l'Escola d'Enginyers Industrials de Barcelona.

La memòria de Rojas

Si la memòria de Lucas Echeverría està vinculada a la Reial Acadèmia de Ciències i Arts de Barcelona, la que analitzarem a continuació ho està amb la Real Academia de Ciencias

14. Es tracta de l'enginyer Pierre-Simon Girard (1765-1836) i del també enginyer Jean François d'Aubuisson de Voisins (1762-1841).

15. En el fons històric de l'ETSEIB hi ha un exemplar de la tercera edició, ja pòstuma, de George François d'Aubuisson de Voisins (184?), *Traité d'hydraulique à l'usage des ingénieurs*, París, Pitois-Levrault.

Exactas, Físicas y Naturales de Madrid, ja que va ser premiada per aquesta institució.¹⁶ El seu autor, Francisco de Paula Rojas, era també un professor de l'Escola d'Enginyers Industrials de Barcelona.

Francisco de Paula Rojas Caballero Infante (1832-1909) va néixer a Jerez de la Frontera i fou alumne del Reial Institut Industrial de Madrid. Atesos els seus bons resultats acadèmics va ser nomenat ajudant segon en aquest centre el 1853 —encara que no podem precisar de quina disciplina— i cinc mesos després va passar a ajudant primer.¹⁷ El novembre de 1854 fou nomenat professor interí a la Càtedra de Química de l'Escola Industrial Sevillana. Posteriorment, en 1856 va aconseguir per oposició la plaça de catedràtic de Física General i Aplicada a l'Escola Industrial de València. No obstant això, la crisi econòmica va anar produint els progressius tancaments de les diverses escoles industrials d'Espanya. El 1865 fou suprimida la de València i Rojas va ser nomenat catedràtic de Construcció de Màquines a l'Escola Industrial de Sevilla. Poc interessat en impartir aquesta disciplina, va enviar una carta al director general per evitar aquest nomenament. Però el resultat fou que el Consell va decidir traslladar-lo a Barcelona com a catedràtic de Construcció Industrial, disciplina que va impartir a desgrat seu fins a 1880, quan per petició pròpia va ser nomenat catedràtic de Física Industrial (Pohl, 2006: 97). La seva estada a Barcelona es va acabar el 1886 en què va demanar trasllat a l'Escola General Preparatòria d'Enginyers i Arquitectes establerta a Madrid aquell any (R.O. de 29 de gener de 1886) com a catedràtic d'Hidrostàtica, Hidrodinàmica i Hidràulica General (Lusa, 1999: 19).

Durant la seva estada a Barcelona Rojas havia dedicat la seva activitat científica i tècnica al camp de la calor i la termodinàmica tant des del punt de vista pràctic com teòric, i una prova d'això és l'obra que analitzarem a continuació, titulada *Calentamiento y ventilación de edificios*, i també una altra de més teòrica: *La Termodinámica. Su historia, sus aplicaciones y su importancia*, que va rebre el 1876 un premi de l'Ateneu Barcelonès. Aquests treballs li obriren les portes de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de Madrid i també de la Reial Acadèmia de Ciències i Arts de Barcelona i el convertiren en un eminent especialista en temes relatius a la calor.¹⁸

Rojas fou nomenat acadèmic de l'Acadèmia de Ciències de Barcelona el 1873, encara que no va llegir la memòria d'entrada fins el 1877 (un any després de rebre el premi de l'Ateneu)¹⁹ amb el títol de: *El problema físico y el problema químico se resolvieron en el mecáni-*

16. Rojas no serà membre d'aquesta institució fins al 1890, quan llegirà un discurs de recepció titulat *Algunas reflexiones sobre la unidad de las fuerzas físicas*.

17. Va ser nomenat ajudant segon el 23 de maig de 1853 amb un salari inicial de 5.000 rals. El 30 de novembre de 1853 va ser ascendit a ajudant primer amb un salari de 8.000 rals (Expedient ETSEIB).

18. Com explica Josep Serrat i Bonastre, que havia assistit a les seves classes com a alumne, Rojas va ser un pioner no sols en la introducció de les aplicacions de la calor, sinó també en l'electricitat, continguts que s'impartien en el programa de la Física Industrial fins al pla d'estudis de 1901 (Serrat, 1909: 160-161).

19. No sabem encara com es pot interpretar aquest retard. El que sí hem constatat és que coincideix amb dos períodes en què l'acadèmia estava presidida per Julián Casaña y Leonardo (1872-1874) i (1876-1878). En canvi, en el període intermedi

co. A partir d'aquest moment la seva activitat en aquesta institució va ser intensa. El 1878 va llegir una nota: *Sobre el modo de medir las presiones de los líquidos originados por la gravedad*. El 1881, presentà el treball *Determinación de los movimientos voluntarios en nuestro organismo*. I el 1884 va llegir la memòria *Consideraciones y cálculos de las lámparas incandescentes*. A més, Rojas va ser conservador de la secció 1a (1881) i director de la secció de ciències físico-químiques de l'Acadèmia i va participar en diverses comissions d'aquesta institució, com la del premi Agell (1882) o la que es va formar el 1880 per estudiar la divisibilitat de la llum elèctrica. I més endavant, ja fora de Barcelona, va continuar intervenint en alguns dictàmens sobre treballs presentats en aquesta institució (1887) o sobre els aparells de física del gabinet de l'Acadèmia (1888) (Nómina, 1914-1915).

La memòria *Calentamiento y ventilación de edificios*, publicada per la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de Madrid, significava segons el seu autor no sols oferir una nova alternativa als sistemes de calefacció i també de ventilació, sinó també comparar el punt de vista de dos autors francesos capdavanters en aquestes matèries: Eugène Pécllet i Artur Morin. Del primer va fer servir l'obra *Traité de la Chaleur* de la qual ja hem parlat abans i del segon utilitzà els dos volums titulats: *Etudes sur la ventilation*.

Calentamiento y ventilación de edificios és un llibre de 262 pàgines més 16 làmines distribuït en sis capítols. El primer està destinat a la teoria de la ventilació i el segon al que avui coneixem com el càlcul de càrregues tèrmiques que Rojas designa com a determinació de la potència dels aparells. El capítol que ens interessa més és el tercer, on descriu els sistemes d'escalfament d'edificis. Els capítols quart, cinquè i sisè representen uns estudis comparatius dels diferents sistemes: en el quart es tracta del cas de la ventilació, i en el cinquè i sisè de la calefacció respectivament des del punt de vista del combustible emprat i respecte a les despeses. Com que en els capítols esmentats els estudis comparatius havien estat realitzats sobre un suposat hospital, el darrer capítol Rojas el dedica a suggerir els sistemes d'escalfament convenients als diferents tipus d'edificis, com casernes, hospitals, esglésies, escoles i teatres, fent el paper de conclusió general del treball.

En aquest article, dedicat a la calefacció, ens centrarem solament en els capítols tercer, cinquè i sisè i deixarem per a un altre treball el corresponent a la ventilació,²⁰ per bé que som conscients que en aquestes èpoques calefacció i ventilació estaven tan estretament lligades que la seva anàlisi separada pot semblar un anacronisme.

Rojas comença el capítol III carregant contra els brasers, dels quals diu que haurien d'estar proscrius pels perills letals que comporten. Sortosament, afirma, a Espanya les portes i les finestres tanquen malament:

(1874-1876) estava presidida precisament pel director de l'Escola d'Enginyers on Rojas impartia classes, Ramon de Manjarrés, i en el període posterior (1878-1880), per Lucas Echeverría. En aquests períodes, curiosament, no hi hagué intervencions conegudes de Rojas a l'Acadèmia de Ciències de Barcelona.

20. Una primera anàlisi de la ventilació va ser presentada a Barcelona en el Congrés de l'ICOHTEC el juliol 2012 (Barca, 2012).

circunstancia general de todas las construcciones en nuestro país; a no ser por ello, el número de accidentes desgraciados producidos por los braseros sería considerable. (Rojas, 1868: 475)

Les xemeneies ordinàries o franceses li semblen més segures per bé que resultaven cares, ja que sols aprofitaven una petita part de la calor total produïda. Rojas, en canvi, se centra en els altres tres sistemes: 1) calorífers d'aire calent; 2) vapor sol o combinat amb aigua, i 3) circulació d'aigua calenta. Sobre aquests fluids caloportadors centra el seu treball, per la qual cosa podem afirmar que es tracta de la primera vegada que a Espanya es parlava amb profunditat d'aquests tres sistemes. Rojas, però, els presenta combinats amb els quatre sistemes de ventilació: 1) per xemeneia d'aspiració per sota; 2) per xemeneia d'aspiració per dalt; 3) per aspiració a nivell, i 4) mecànic o ventilador. La combinació d'aquests sistemes li dona set maneres diferents de dur a terme la calefacció i la ventilació combinades que resumeix a la taula 1:

Primero... ..	Calentamiento.	Por caloríferos interiores de aire caliente.
	Ventilacion. ...	Por chimeneas de aspiracion por abajo.
Segundo... ..	Calentamiento.	Por caloríferos exteriores de aire caliente.
	Ventilacion....	Por chimeneas de aspiracion por abajo.
Tercero.....	Calentamiento.	Por caloríferos exteriores de agua caliente.
	Ventilacion....	Por chimeneas de aspiracion por abajo.
Cuarto.....	Calentamiento.	Por caloríferos de vapor exteriores.
	Ventilacion....	Por chimeneas de aspiracion por abajo.
Quinto.....	Calentamiento.	Por tubos ó estufas de vapor solo, ó de agua calentada por el vapor, colocados en los mismos locales que han de ser calentados.
	Ventilacion....	Mecánicas.
	Calentamiento.	Por la circulacion de agua caliente en tubos ó estufas colocados en los mismos locales que han de ser calentados.
Sexto. (De Mr. Duvoir-Leblanc.).....	Ventilacion....	Por chimeneas de aspiracion por arriba.
	Calentamiento.	Por la circulacion de agua caliente en tubos colocados dentro de los muros.
Séptimo. (De Mr. Hamelincourt.)...	Ventilacion....	Por aspiracion á nivel.

Taula 1. Sistemes harmonitzats de calefacció i ventilació (Rojas, 1868: 477)

D'aquests set sistemes, Rojas no parlarà del quart, ja que el considera repetit, i se centra en els altres sis que els aplica a un suposat hospital:

Para ello elegiremos como tipo el calentamiento y la ventilación de un hospital militar en Barcelona o Valencia, que sea capaz para 144 enfermos repartidos en seis salas, que tenga tres pisos, el bajo, el primero y el segundo. (Rojas, 1868: 478)

La tria d'un hospital obeeix al fet que és un edifici que requereix una manera més uniforme de calefacció, i l'aplicació de tots els sistemes en el mateix edifici li facilita la comparació que és l'objectiu del seu treball.

El primer sistema de calefacció consistia a instal·lar a cada planta un calorífer (posar-ne dos encariria excessivament el sistema). Aquests aparells es componien de dos cilindres concèntrics. En el de l'interior s'hi produïa la combustió amb l'aire que s'agafava de l'interior del local i els gasos produïts s'eliminaven per un conducte general situat en el mur i que comunicava amb la xemeneia. L'aire i els gasos de la combustió no tenien contacte amb l'aire net que s'escalfava per ser introduït al local. Aquest aire entrava per la part inferior del calorífer mitjançant quatre conductes situats en el sostre del pis inferior que portaven l'aire a través d'uns registres situats a la façana. Aquest aire circulava per l'espai que quedava entre els dos cilindres concèntrics del calorífer i després d'escalfar-se sortia per uns conductes ubicats en el sostre de la sala que en algun cas podia ser substituït per l'espai que hi havia entre el forjat i el cel ras (el que avui coneixem per plènum).

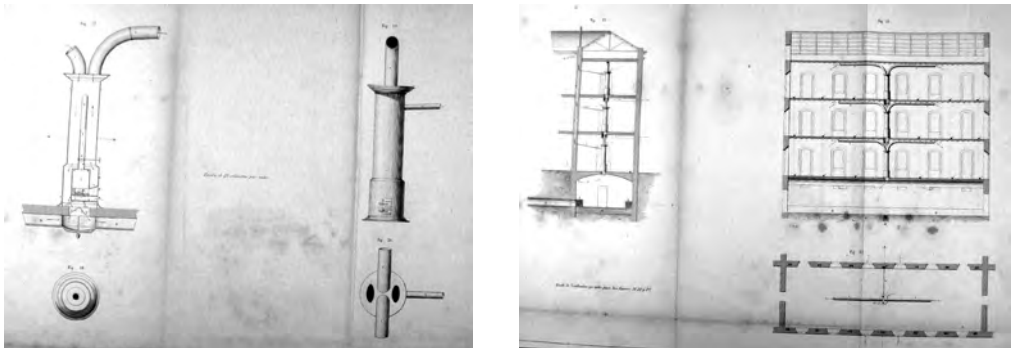


Figura 1. Sistema de calefacció mitjançant calorífers interiors.

El calorífer que Rojas fa servir és el que Pécelet havia instal·lat a les escoles de primària franceses, la descripció del qual es troba en dos indrets diferents del *Traité de la Chaleur*: en el volum II (Pécelet, 1860: II, 338), en el capítol on l'autor descriu els diferents calorífers, i en el volum III, quan parla de les aplicacions a les escoles de primària (Pécelet, 1878: III, 533). En aquesta segona descripció, Pécelet ens explica com arran d'una inspecció que li fou encomanada va adonar-se de les condicions insalubres en què estaven les escoles de primària franceses annexes a les escoles normals o de mestres. Aquest fet el va colpir tant que va elevar una reclamació al Ministeri d'Instrucció Pública per demanar la seva intervenció. El resultat va ser que el Ministeri li encomanés elaborar una instrucció sobre la calefacció i el sanejament de les escoles de primària, l'essencial del contingut de la qual es va incorporar al volum III del *Traité*.

El calorífer de Pécelet representat a la Fig. 2 consistia en un prisma rectangular o un cilindre exterior per escalfar l'aire i un d'interior que conté el fogar per produir la calor. A la part exterior s'hi disposen tres portes: una per accedir al fogar, una per al cendrer i una altra per poder escalfar l'aire interior sense ventilació abans de l'entrada dels alumnes. Sota el cendrer hi ha una entrada d'aire exterior per a la combustió que es regula mitjançant un registre giratori, i a sobre del cilindre interior se situa la sortida de fum que el condueix a la xemeneia encastada en el mur (Pécelet, 1878: III, 536).

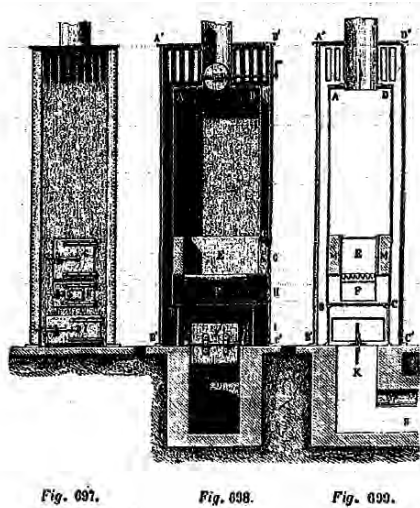


Figura 2. Calorífer de Pécelet (Pécelet, 1878: III, 536).

Aquest calorífer fou instal·lat primer a tres grans escoles situades al carrer Neuve-Coquenard i posteriorment a la Halle aux Draps amb resultats satisfactoris respecte a la uniformitat de la calefacció i a les baixes despeses, de manera que van servir de referència a altres països d'Europa (Pécelet, 1878: III, 539).

Rojas, però, en adonar-se que el petit fogar de Pécelet solament permetia l'aspiració de l'aire i que presentava inconvenients en la ventilació durant l'estiu (estació que per a un hospital no és de vacances, com en una escola) proposava un parell de canvis. Les modificacions tenen a veure amb el següent:

Los caloríferos de Mr. Pécelet no pueden dar paso en verano al aire nuevo en la cantidad necesaria al hospital, por ofrecer poco espacio entre el cilindro abcd i el rrrr. Por esta razón hemos aumentado en cierta proporción, que más adelante calcularemos, dicho espacio anular.

El calorífero de Mr. Pécelet vierte el aire nuevo en un solo punto de la sala, cosa poco

ventajosa para una ventilación general y uniforme de ésta: nosotros hacemos que el aire entre en la sala por tres puntos suficientemente separados los unos de los otros, que son: la tapa del calorífero y los dos extremos de los tubos ss. (Rojas, 1868: 486)

El resultat era un calorífer estèticament pitjor, però Rojas afirmava haver optat per l'economia en lloc de fer-ho per la bellesa.

El segon sistema de calefacció consistia en un calorífer exterior d'aire calent que després repartiria aquest aire als diferents locals mitjançant conductes d'aire. Per escalfar aquest aire Rojas triava un calorífer dels més simples que hi pogués haver, ja que considerava inútil l'existència de tants models diferents. El model triat encaixava a grans trets perfectament amb el que Pécelet descrivia com a calorífer situat lluny del lloc que cal escalfar:

Els calorífers d'aquest gènere són sempre compostos per una cambra de maçoneria que conté el fogar i uns tubs ordinaris de fosa que són recorreguts successivament o simultàniament per l'aire que s'escalfa o pel fum que es refreda. (Pécelet, 1860: II, 345).

Però Rojas el presentava amb tot el detall possible i hi donava un dibuix de les seccions longitudinal i transversal. Es compon d'un fogar de maons refractaris accessible mitjançant una porta a sota de la qual n'hi ha una altra per accedir al cendrer. El fogar està recobert per una campana o cúpula de fosa de ferro d'on surt un tub cilíndric per on pugen els gasos de la combustió que són obligats a recórrer uns cilindres concèntrics a l'anterior i que deixen uns espais entre cilindres per permetre a l'aire exterior seguir un altre recorregut a fi d'escalfar-se amb la calor de les parets d'aquests cilindres. Tot el conjunt està cobert de maons comuns i a la part de sobre se situa un conducte per on surt l'aire calent, mentre que els fums de la combustió són conduïts cap a l'exterior per una xemeneia lateral (Rojas, 1868: 489).

Aquest calorífer se situa al soterrani de l'edifici i l'aire escalfat és conduït per un conducte longitudinal adossat a la volta que Rojas anomena cambra d'aire i que serveix, mitjançant uns registres, per modificar la temperatura de l'aire si aquesta fos excessivament alta barrejant-lo amb aire fred de l'exterior en la proporció adequada. D'aquí l'aire puja per uns conductes verticals fins a les sales a escalfar i hi entra per tres punts diferents. Hi ha un conducte addicional d'eliminació de l'aire viciat que el condueix a una gran xemeneia general d'aspiració situada en el centre del pati de l'edifici. La fig. 3 representa les seccions del calorífer i la distribució dels conductes a les diferents plantes.

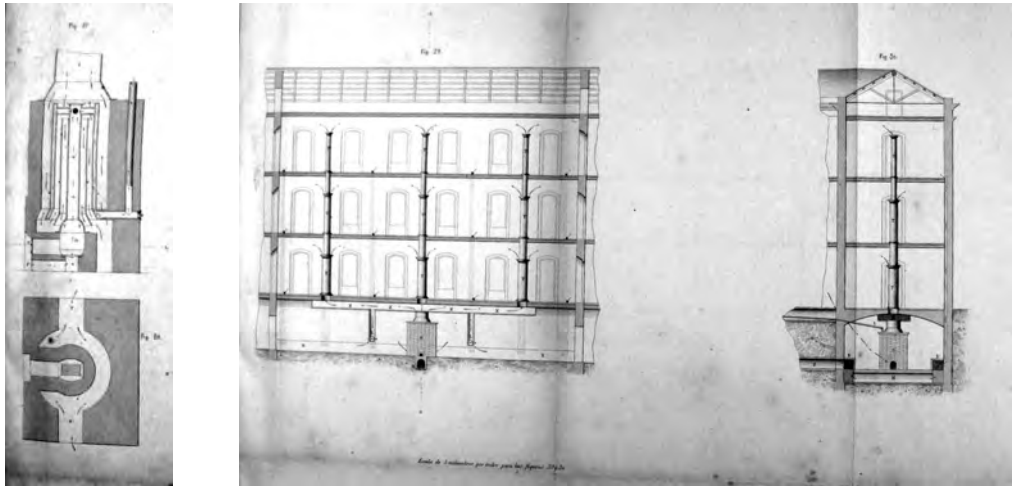


Figura 3: Sistema de calefacció mitjançant un calorífer exterior.

El tercer sistema de calefacció consistia en dos calorífers exteriors d'aigua calenta situats al soterrani i compostos cada un de sis sèries de tubs de fosa de ferro de deu tubs cada sèrie situats en un pla vertical comunicades entre si per tubs corbats del mateix diàmetre. Pel que fa a les unions dels tubs Rojas explicava que darrerament s'havia assolit experiència de fer servir el cautxú i esmentava les proves fetes per Ferdinand Carré a la seva màquina de producció de gel.²¹

Aquesta sèrie de tubs comunicaven a dalt amb un tub horitzontal i a baix per un altre amb la caldera situada al mig del soterrani on hi havia també el fogar d'on sortia el tub inferior, mentre que el superior, que servia per recollir l'aigua, disposava d'un vas d'expansió que comunicava amb la caldera per un tub vertical. L'aigua circulava mitjançant la variació de la seva densitat amb l'increment de la seva temperatura, cosa que permetia un moviment en el qual l'aigua calenta pujava mentre que a mesura que es refredava, baixava. És el que actualment es coneix com a termosifó. Aquests calorífers d'aigua calenta estaven tancats en una capsa de maons de murs foradats per evitar la pèrdua de calor. Aquestes capses són les que agafen l'aire del soterrani per sis obertures (dues a cada una de les tres cares) que comuniquen amb unes cavitats buides de les quals surten tres conductes els quals condueixen l'aire cada un a un pis diferent. Aquest aire entrava a cada planta per unes cornises ho-

21. Rojas demostra estar al dia de les noves aplicacions del fred: «Hemos adquirido una larga experiencia en el uso del caoutchouc [sic] para las uniones de tubos de agua caliente, de vapor y para la disolución amoniacal a 28°, que se emplea en las máquinas de Mr. Carré para la fabricación de hielo artificial. Estas últimas funcionan a una presión de 12 atmósferas, y ningún sistema de uniones podría en ellas reemplazar el caoutchouc [sic], que siempre produce un ajuste perfecto» (Rojas, 1868: 494).

ritzontals de guix o xapa foradades per un seguit d'obertures repartides al llarg de tota la seva longitud. L'aire viciat sortia per sota i, com els productes de combustió, era conduït a la xemeneia gran del mig del pati.

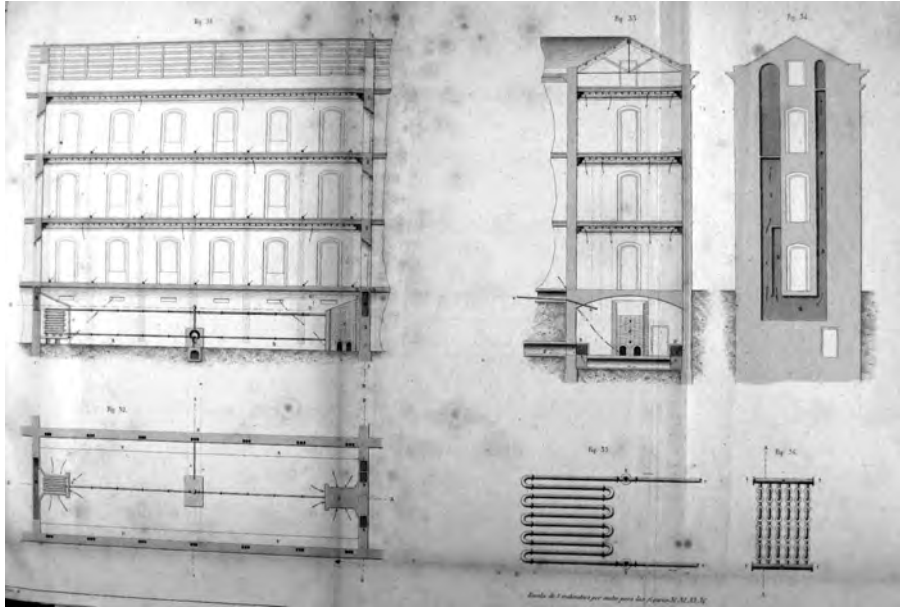


Figura 4. Sistema de calefacció per calorífers exteriors d'aigua calenta.

La fig. 4 mostra les ubicacions dels calorífers i la caldera així com els conductes i les cornises de distribució de l'aire. Un avantatge que Rojas veu en aquest sistema és que les sales queden completament lliures i diàfanes i les cornises fins i tot serveixen de decoració.

El quart sistema de calefacció per calorífers exteriors de vapor és idèntic a l'anterior, solament que l'aigua es transforma en vapor dins la caldera; les modificacions atenyrien a aquesta, però els calorífers podien ser idèntics. Tanmateix aconsellava aïllar els tubs per evitar la pèrdua de calor. De fet, Rojas no parla específicament d'aïllant sinó de cos mal conductor de la calor que segons ell podria estar format per una capa de serradures de fusta o de suro amb un recobriment d'estany.

El cinquè sistema format per tubs i estufes de vapor col·locats a l'interior dels locals és el mateix que hi havia instal·lat al pavelló d'homes de l'hospital de Lariboisière de París. Aquest hospital, situat al nord de París, obra de l'arquitecte Martin Pierre Gauthier (1790-1855), havia estat posat en marxa el 1846 i va rebre el nom de la comtessa Elisa Roy de la Riboisière en atenció a la gran donació feta per ella per a la seva construcció. Pel que fa a la seva calefacció i ventilació va ser un referent en el debat sobre el confort i la higiene que tingué lloc a França en aquells anys.

Tot i que inicialment el Consell General dels Hospitals de França tenia previst d'emprar el sistema de calefacció Duvoir-Leblanc, que havia estat prèviament emprat amb bons resultats en hospitals antics, després de la revolució de 1848 va decidir d'organitzar un concurs que van guanyar els enginyers Phillipe Grouvelle, Léonce Thomas, Camile Laurens i Joseph Farcot (llevat del primer tots eren *centraliens*). Tot i això, no va aconseguir l'aprovació general i el Consell va demanar a Artur Morin, que dirigia el Conservatoire d'Arts et Métiers, de trobar la solució.

Morin va decidir de dividir l'hospital en dues parts: la secció dels homes, situada a la dreta, va ser equipada amb el sistema Grouvelle; la secció de les dones, a l'esquerra, va incloure el sistema Duvoir-Leblanc. Aquesta decisió singular va transformar l'hospital en una mena de laboratori on era possible experimentar i mesurar *in situ* i va generar un debat apassionant sobre la calefacció i la ventilació d'hospitals. Alguns enginyers i metges es van posicionar en favor d'un dels dos sistemes i es van dur a terme mesures i càlculs per demostrar la superioritat d'un sistema sobre l'altre (Gallo & Thomine, 2004: 199-201) (Gallo, 2003).

En el pavelló d'homes els enginyers encapçalats per Grouvelle van instal·lar un sistema de calefacció amb vapor que, tot i ser produït fora en un altre local, era conduït per una canonada fins a l'interior d'aquest pavelló on a través d'unes estufes d'aigua calenta (que podien ser també de vapor) la calor es transmetia al local. La ventilació la realitzaren amb un ventilador accionat mitjançant una màquina de vapor.

El sistema, tal com el descriu Rojas, constava d'un conducte d'aire que discorria longitudinalment per sota del forjat de cada planta. Per aquest conducte, dit canal central, entrava l'aire nou agafat de l'exterior i impulsat pel ventilador. Per facilitar la construcció d'aquest canal, Rojas proposava construir un terra amb dues bigues mestres de ferro de doble T laminades unides per revoltons:

Esta construcción de suelos de hierro y mampostería de ladrillos, es la seguida hoy en Barcelona en los edificios de alguna importancia. (Rojas, 1868: 502)

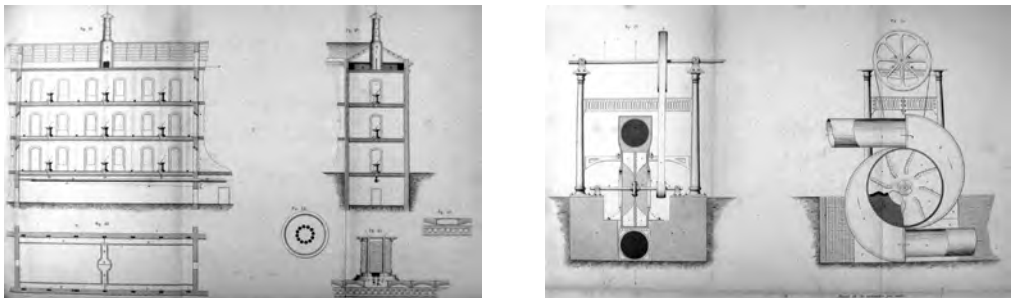


Figura 5. Sistema de calefacció amb estufes de vapor situades a l'interior del local.

Aquests conductes o canals tenien tres obertures per cada planta on s'ubicaven les estufes. Paral·lelament una caldera situada a l'exterior de l'edifici, per evitar riscos, produïa vapor que es feia servir per moure el ventilador i per a la calefacció. Aquest vapor era conduït per uns tubs ubicats dins dels conductes d'aire fins a cada una de les estufes. Aquestes tenien forma cilíndrica amb dues planxes rodones de fosa a sobre i a sota i una superfície lateral de xapa. Estaven plenes d'aigua i eren travessades per dotze tubs per on circulava el vapor. D'aquestes estufes en sortia també un circuit per recollir els condensats i conduir-los a un dipòsit. La figura 5 mostra un esquema de la distribució d'aquests aparells a cada una de les plantes. L'aire viciat de cada sala s'extreïa per uns conductes d'evacuació situats dins dels murs exteriors que tenien entrada al nivell del terra de cada planta i conduïen aquest aire fins a les golfes on hi havia una xemeneia de sortida.

Al volum I de *Etudes sur la ventilation*, Morin comentava alguns detalls concrets del sistema. Explicava que, encara que la pressió de la caldera fos elevada, el vapor que arribava a les estufes tenia poca pressió, de manera que no representava cap perill; en canvi, no succeïa el mateix amb el circuit de recollida de condensats. Al matí, amb la reducció de l'activitat de calefacció, se sentien uns sorolls inquietants i es podien produir accidents, i per causes poc conegudes algunes d'aquestes estufes havien esclatat en diverses èpoques (Morin, 1863: 356).

Mentre que el ventilador de la memòria de Rojas agafava l'aire de la cova del soterrani que estava connectada amb l'exterior, a l'hospital de Lariboisière l'agafava d'una xemeneia situada en un angle de la torre del campanar de la capella. Aquest fou un dels temes d'estudi de diversos observadors com el químic C. Grassi, els enginyers Émile Trélat, Henry Péligré i d'altres, com Félix Leblanc o Louis Ser, als quals una comissió de la Prefectura del Sena els encarregà alguns estudis. Aquestes experiències van indicar que l'aire que entrava al ventilador procedent de la xemeneia del campanar oscil·lava entre el 25 i 58%, mentre que la resta s'agafava d'obertures accidentals o a través de les portes de les sales de màquines si estaven obertes. Això comportava que l'aire fos sovint poc salubre i de vegades fes mala olor. La despesa de construir la xemeneia no estava, doncs, justificada i esdevenia aconsellable agafar l'aire a l'alçada de cada pis o com a molt a alguns metres del terra (Morin, 1863: 365). Per això Rojas, coneixent aquests resultats, va optar per agafar l'aire directament de la cova.

El sisè sistema té nom propi i és el que va dissenyar Lleó Duvoir-Léblanc per escalfar amb estufes interiors mitjançant la circulació d'aigua calenta. Constava d'una caldera d'aigua calenta i d'una gran estufa situada en el punt més alt, la qual tenia una triple funció, absorbir la dilatació de l'aigua, distribuir aquesta aigua als diferents ramals i, com que se la situava sota la xemeneia de ventilació, també podia escalfar l'aire viciat. De la caldera en sortia un tub que portava l'aigua calenta a l'estufa gran per l'interior de la xemeneia d'evacuació de fums per tal de recuperar la calor d'aquests fums. Des d'aquí, l'aigua seguia pels tubs de retorn fins a les estufes de cada sala on cedia la calor a l'aire i després retornava a la caldera.

La gran estufa de ventilació proposada per Rojas estava formada per un cilindre gran central, travessat per nou tubs oberts per ambdós extrems igual com les estufes del sistema

cinquè. Al voltant del cilindre, i comunicat amb ell, hi havia vuit recipients anulars cilíndrics tancats i que havien de portar vàlvula de seguretat per si l'aigua assolía més de 100°. Els tubs que baixaven i anaven a cada pis passaven per un canal central com en el cas cinquè i connectaven amb tres estufes plenes d'aigua calenta també com les del sistema cinquè que eren travessades per un tub central i altres dotze de menor diàmetre al voltant del primer. L'aigua per tornar a la caldera havia de passar forçosament per les tres estufes. L'aire nou entrava a través de sis conductes que comunicaven amb el pati interior i estaven posats de manera que servien a les estufes i les travessaven. L'aire viciat sortia per la part baixa dels murs mitjançant 14 boques d'evacuació que connectaven en uns conductes que pujaven a les golfes on s'unien en un conducte que anava a parar a la xemeneia.

La instal·lació proposada per Rojas tenia algunes petites diferències amb la que hi havia al pavelló de dones de l'hospital de Lariboisière. En aquest hospital hi havia una caldera en el soterrani i una gran estufa a l'àtic, però a cada planta en lloc de tres estufes, com considerava Rojas, n'hi havia quatre (Gallo, 2003). L'arribada de l'aire nou entrava al canal situat sota terra procedent del soterrani i anava a les dues estufes dels extrems, o bé per les dues estufes centrals, a través d'uns conductes que comunicaven amb l'exterior del mur just a sota de les finestres del pavelló. Aquí, els experiments duts a terme constataren que les dues estufes dels extrems en rebien menys que les del centre a causa de la procedència de l'aire (Morin, 1863: 426).

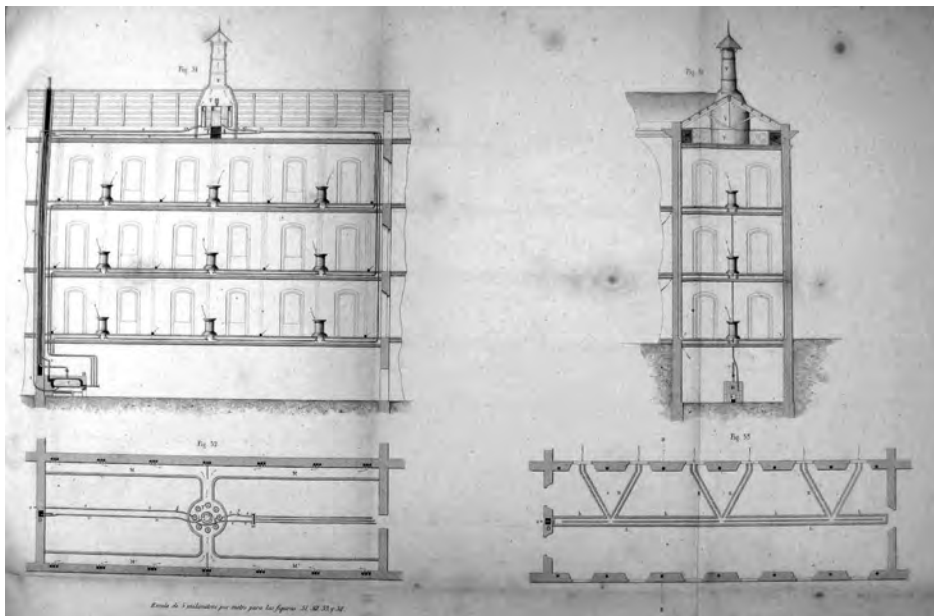


Figura 6. Sistema de calefacció d'estufes interiors mitjançant la circulació d'aigua calenta (sistema Duvour-Leblanc).

Un dels problemes del sistema Duvoir-Leblanc l'havia detectat Pécelet i l'indicava en el seu tractat. La dependència de la ventilació de la calefacció en fer-se pel tir d'una xemeneia donava com a resultat que funcionés prou bé a l'hivern, però no a l'estiu. Per això, gran defensor de la ventilació mecànica, Pécelet afirmava que en el cas d'aquest sistema valdria més independitzar la ventilació de la calefacció (Pécelet, 1878: III, 455). A Rojas li semblava exagerada la postura de Pécelet, ja que, tot i que inicialment reconeixia la presència d'aquest defecte, creia que les millores introduïdes havien permès resoldre'l.

Morin, en canvi, es manifestava com a defensor d'aquest sistema per sobre del que hi havia al pavelló dels homes. Els experiments duts a terme per Grassi, per Trélat i per Périgot mostraven que fins i tot a l'estiu es podia aconseguir una evacuació d'aire viciat acceptable. Tot i així recomanava obrir les finestres, ja que s'havia demostrat que això augmentava més de la meitat el cabal de l'aspiració de l'aire. Per a les nits d'estiu aconsellava instal·lar uns conductes d'introducció d'aire que desemboquessin als sostres per facilitar el tir (Morin, 1863: 457).

El debat generat arran dels experiments va donar lloc a què arquitectes, metges i enginyers es posicionessin a favor d'un o altre sistema. N'hi havia alguns com l'arquitecte Gaultier de Claubry o el metge Jean Christian Boudin que, com Morin, preferien el sistema Duvoir-Leblanc. En canvi, l'enginyer Émile Trélat defensava l'equivalència dels dos sistemes respecte a la calefacció, però preferia el del pavelló d'homes quant a la ventilació, en veure'l més eficient. En canvi Morin, a qui els ventiladors no li semblaven superiors, creia que el del pavelló de les dones era millor perquè no hi havia les males olors dels dels homes (Gallo, 2003). Per a Rojas el sistema Duvoir-Léblanc li semblava seductor per la seva simplicitat i pel fet de no requerir ni màquina de vapor ni una gran xemeneia, solament una de petita a les golfes amb un dipòsit d'aigua calenta a sota. Però afirmava que tots aquests avantatges es pagaven cars a l'estiu (Rojas, 1868: 554).

El sistema setè realitza la calefacció mitjançant la circulació d'aigua calenta per uns tubs situats dins dels murs i porta el nom de l'enginyer, i antic alumne de l'École Centrale, M. d'Hamelincourt. Consistia en la producció d'aigua calenta en una caldera situada en el soterrani la qual eliminava els productes de la combustió a través d'una xemeneia situada al centre del pati. La caldera, que estava plena d'aigua, comunicava amb un vas d'expansió que Rojas situava a les golfes i que absorbia la dilatació de l'aigua. De la caldera en sortia un altre tub que es dividia en ramals que repartien l'aigua calenta que pujava per uns tubs i baixava per uns altres quan ja estava freda. Aquests tubs circulaven dins d'uns conductes ubicats dins dels murs on transmetien la calor a l'aire que entrava en els locals provinent de l'exterior. Per la seva part uns altres conductes escalfaven l'aire viciat de cada planta a fi d'afavorir la seva sortida a l'exterior (Rojas, 1868: 515-519).

Morin, en el seu *Etudes sur la ventilation*, descrivia aquest sistema amb detall i explicava com l'aigua calenta a no més de 100° pujava pels muntants i es produïa una circulació amb una gran rapidesa i, també, com la calor es repartia de manera molt uniforme. En principi

no estava previst que hi hagués estufes, però si calia s'hi podien instal·lar en alguns punts determinats (Morin, 1863: III, 76).

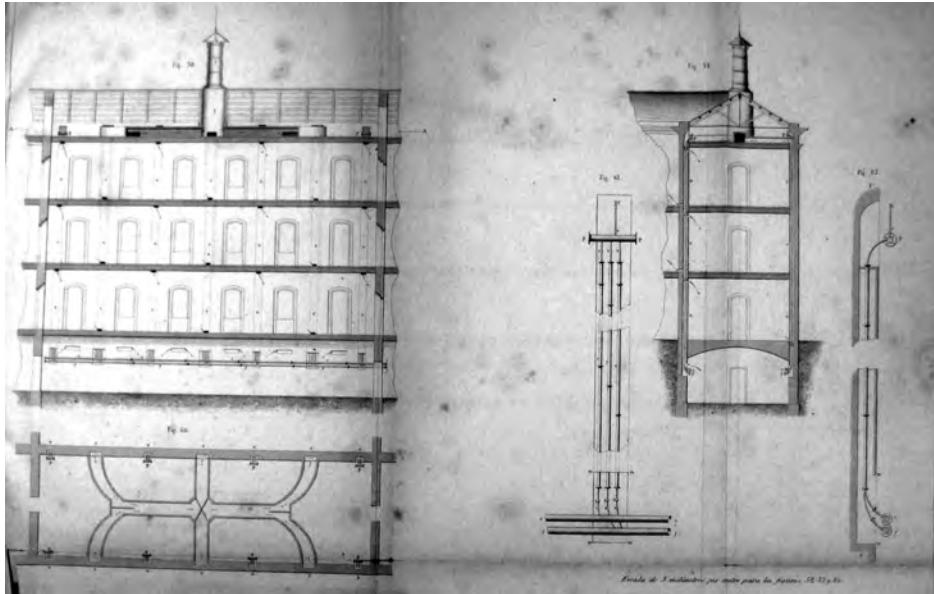


Figura 7. Sistema de calefacció per circulació d'aigua calenta mitjançant tubs situats en els murs (Rojas, 1868).

Morin recollia també els avantatges i inconvenients d'aquest sistema. A banda de la uniformitat de la temperatura, un avantatge era que la calor de l'aigua es mantenia durant un temps encara que el fogar estigués ja apagat. Entre els inconvenients es podria pensar en una enorme complicació de tubs, però Morin afirmava que era menor que la d'un sistema que utilitzés vapor. El mateix succeïa per al cas que hi hagués fuites, que en el cas de l'aigua calenta els danys serien menors. No obstant això, comentava un accident de ruptura d'una estufa ocorregut a l'església de Saint Sulpice el 1858 amb el resultat de morts i ferits, que va crear pors, segons ell, infundades.

Morin utilitzava la instal·lació que hi havia al Conservatoire des Arts et Métiers per donar fe del bon funcionament del sistema sense problemes des de feia més de 12 anys. En definitiva, defensava els sistemes d'aigua calenta per sobre dels de vapor perquè els creia més econòmics, i entre els primers afirmava preferir el de Hamelin court per sobre del de Duvoir-Leblanc perquè les condicions que es generaven en els conductes verticals eren millors que les que produïen les estufes (Morin, 1863: III, 80-81). Rojas en canvi creia que el sistema d'Hamelin court, que era tan senzill quan es construïa un edifici, esdevenia en canvi problemàtic per a les reparacions i per als escapaments d'aigua (Rojas, 1868: 553).

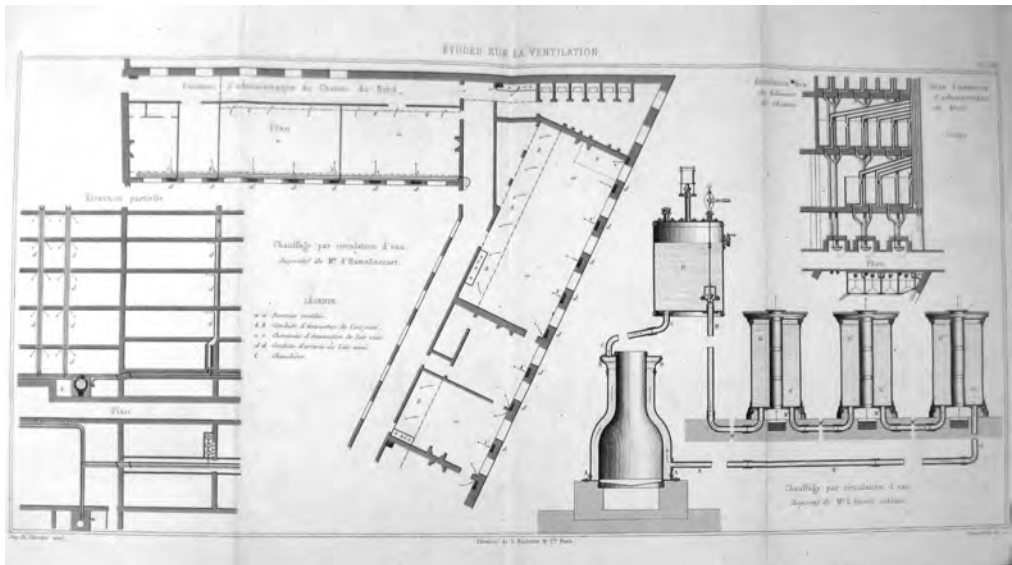


Figura 8. Dibuix comparatiu dels sistemes Hamelincourt i Duvoir-Leblanc (Morin, 1863, II, pl. XIII).

Francisco de P. Rojas en el capítol VI de la seva memòria feia una comparació dels sistemes atenent a raons econòmiques i, atès que ho centrava per un suposat hospital de 144 malalts situat a Barcelona, escollia el combustible més econòmic que en aquells moment era el carbó anglès, del qual n'esmentava quatre tipus, un d'ells el carbó de gas del tipus Newcastle, Cannel i Boghead que es trobava a Barcelona ja que:

Barcelona recibe carbón de gas para sus dos grandes fábricas, alguna pequeña particular, y otras importantes del llano de Barcelona, como Gracia, S. Andrés y Mataró. (Rojas, 1868: 567)

També es trobava a Barcelona el carbó de Cardiff que, tot i ser més car, es feia servir per generar vapor. Concloïa que si es comptava solament la calefacció i no es comptava la ventilació el sistema més econòmic era el primer, és a dir, el de calorífers interiors, i a continuació seguia el de calorífers d'aire calent exteriors. En un mateix nivell es trobaven el tercer, el sisè i el setè que empraven tots ells aigua calenta, i resultava més car el cinquè que feia servir vapor. Ara bé, si es tenien en compte les despeses conjuntes de ventilació i calefacció el sistema més econòmic resultava ser el cinquè, que era el que utilitza vapor, sempre que s'aprofités aquest vapor de la màquina per moure el ventilador durant tot l'any.

Gastos anuales de un mismo hospital, calentado y ventilado por seis procedimientos diferentes.

SISTEMAS.	GASTO ANUAL PARA		
	EL CALENTAMIENTO.	LA VENTILACION.	TODOS.
Primero.	3.625 reales.	15.409 reales.	19.034 reales.
Segundo.	5.016 "	15.182 "	20.148 "
Tercero.	5.212 "	15.045 "	20.257 "
Quinto.	6.925 "	5.864 "	10.587 "
Sexto.	5.212 "	31.115 "	56.325 "
Séptimo.	5.212 "	22.416 "	27.268 "

Taula 2. Comparació econòmica dels sistemes.

Rojas concloïa la seva memòria amb unes recomanacions per escalfar diferents tipus d'edificis com casernes, hospitals, esglésies, escoles de primària i teatres. Per calefactar les casernes suggeria el sistema de calorífers interiors per la seva economia i ho completava amb una ventilació amb ventiladors moguts pels mateixos soldats. Respecte als hospitals proposava utilitzar el vapor acompanyat de la ventilació mecànica. No obstant això, per a hospitals petits creia que seria millor el sistema de calorífers interiors i una ventilació per xemeneia d'aspiració per sota. Per a les esglésies aconsellava el sistema d'aigua sense pressió, circulant per tubs de ferro, ja que no calia vigilància i estava a l'abast de qualsevol. Per a les escoles de primària suggeria de fer servir un calorífer d'aire calent similar al de Péclet adossat a un mur que donés a un pati de llums i que estigués separat per un envà de la sala o classe. L'aire exterior entraria en el calorífer i un cop calent seria conduït per uns conductes fins a la part central superior de l'aula. L'aire viciat seria extret per la mateixa xemeneia d'extracció de fum. Pel que fa als teatres i atès que solament funcionaven unes poques hores, Rojas proposava utilitzar calorífers exteriors d'aire calent situats en el soterrani i realitzar la ventilació mitjançant una xemeneia d'aspiració per sota. Per als edificis no estudiats en profunditat, com les presons, les fàbriques i els tallers, proposava donar-hi un tractament similar. Així per a les presons aconsellava de seguir el model de les casernes i per als tallers i fàbriques, recomanava el sistema dels hospitals grans, l'escalfament amb vapor i la ventilació mecànica.

Perquè tots aquests consells es duguessin a terme calia que hi hagués una estreta col·laboració entre l'enginyer i l'arquitecte en el moment de dur a terme el projecte:

Para que el ingeniero pueda disponer libremente de todos los medios que la ciencia ofrece, y elegir las disposiciones más propias y convenientes a cada caso, es necesario que al hacer el proyecto de un edificio se haga al mismo tiempo el del calentamiento y ventilación; es preciso que el ingeniero industrial y el arquitecto marchen de acuerdo; de este modo los gastos de establecimiento se minoran extraordinariamente, y el calentamiento y la ventilación pueden alcanzar la mayor perfección posible. (Rojas, 1868: 678)

Una col·laboració que no era gens evident en aquells anys on, com ens explica Vicuña, solament els enginyers veien la necessitat de calefactar i ventilar.

Conclusions

Poc havia variat la calefacció dels edificis a Espanya en el segle XIX. No és que no fes fred, sinó que les condicions de pobresa en què vivia la població només donaven per un quants brasers. Les idees higienistes no s'havien plasmat encara en la calefacció dels hospitals on les necessitats de salubritat eren més evidents. No obstant aquest panorama, durant la segona meitat del segle les noves tècniques de calefacció aplicables principalment a edificis públics van trobar les seves vies d'introducció.

Així doncs, els coneixements de calefacció van entrar a Espanya per dues vies. La primera consistiria en la formació directa dels futurs tècnics o professors directament a l'École Centrale de París. Aquest va ser el cas d'Eduardo Rodríguez, autor d'un manual de física utilitzat al Real Instituto Industrial de Madrid on es formaren les primeres promocions d'enginyers industrials a Espanya. La segona via va consistir en la introducció dels coneixements i la seva aplicació mitjançant l'estudi dels textos escrits pels professors de l'École Centrale des Arts et Manufactures. Això és el que va passar amb les dues memòries que s'analitzen en aquest article.

Bé a través dels tècnics formats a fora o dels que des de dins aprenien amb els textos estrangers, les noves tècniques van arrelar en el territori. El principal focus d'irradiació de coneixements va ser l'École Centrale des Arts et Manufactures, on Pécelet exercia la docència, encara que també va influir en menor mesura el Conservatoire des Arts et Métiers que dirigia Morin. L'ombra de l'École Centrale era allargada, ja que no sols va arribar a Berlín o Zuric, sinó que també va arribar a Barcelona. En aquesta ciutat, la seva influència, igual que a França, no va calar en els arquitectes ni en els metges, sinó en els enginyers industrials.

Les memòries d'Echeverría i de Rojas ens indiquen que som davant dels primers treballs moderns sobre la calefacció d'edificis col·lectius a Catalunya. Ara bé, mentre es diria que Echeverría llegeix i resumeix alguns aspectes de l'obra del professor de l'École Centrale, Rojas va més enllà i s'implica en el debat en un intent d'introduir innovacions. Es podria dir que en el breu període de quatre anys es passa de descobrir i mostrar el que es fa a fora a ser capaç de discrepar-ne, de criticar-ne els punts febles i d'aportar-hi millores. Aquesta és la diferència que separa les dues memòries, que tot i ser difícilment comparables tant per la seva extensió, profunditat i difusió, indiquen si més no amb claredat de quina manera es va produir la transmissió de coneixements.

Però mentre al país veí la sensibilització dels tècnics sobre salubritat d'edificis va tenir una clara repercussió en escoles, hospitals, casernes i presons, de manera que els governs van prendre mesures per incorporar als edificis sistemes de calefacció per aire, per aigua o per vapor, a les nostres contrades la repercussió va ser escassa, sinó nul·la, malgrat els intents dels enginyers d'implicar els arquitectes a fi de poder aplicar en els projectes aquestes noves tècniques.

Bibliografia

- ANDUAGA EGAÑA, A. (2008), «Lucas Echeverría y Ugarte», *Auñamendi Eusko Entziklopedia*, Bernardo Estornés Lasa Fandoa, <http://www.euskomedia.org/auñamendi/36792> (consultat 1/09/2012).
- BARCA SALOM, F. X. (2010), «Introducción de innovaciones e implicación social. La Real Academia de Ciencias y Artes de Barcelona en el segundo tercio del siglo XIX», *Revista de Humanidades Médicas & Estudios Sociales de la Ciencia y la Tecnología. Journal of Medical Humanities Social Studies of Science and Technology*, Vol. I, **3** (abril 2010), 1-38 (ISSN 1852-4689) <http://www.ea-journal.com/art1.3/Introduccion-de-innovaciones-e-implicacion-social.pdf>.
- (2012), «The art of ventilation in Barcelona in the second half of the XIX Century», *39th Annual Meeting ICOHTEC, Technology, the Arts & Industrial Culture*, Barcelona, 10-14 July, <http://hdl.handle.net/2117/17389>.
- CABALLER, M. C.; LLOMBART, J.; PELLÓN, I. (2001), *La Escuela Industrial de Bergara (1851-1861)*, Guipúscoa, Colegio Oficial de Ingenieros Industriales, Gipuzkoako Industri Ingeniaren Elkargo Ofiziala.
- Diario de Barcelona*, 5 de setembre de 1891, p. 10.379.
- DONALDSON, B.; HAGENGAST, B. (1994), *Heat & Cold. Mastering the great indoors*, Atlanta, ASHRAE.
- EACHEVERRÍA UGARTE, L. (1864), *Consideraciones generales acerca de las aplicaciones de ciertos principios científicos a la teoría y construcción de los aparatos de calefacción*, Memòria de torn llegida a la Reial Acadèmia de Ciències i Arts de Barcelona el 10 de març de 1864, Arxiu RACAB, 90.10.
- FIGUIER, L. (1867), *Les merveilles de la science ou description populaire des inventions modernes*, Paris, Librairie Furne Jouvett et Cie, éditeurs.
- GALLO, E. (2003), *Ventilating and Heating Lariboisière Hospital, a Scientific Debate in Paris 1848-1878*, pòster de la 3^{ème} conférence internationale pour l'histoire des hôpitaux, *Form+Function, the Hospital*, McGill University, Montréal, 19-21 juin.
- (2006a), «La réception des nouveaux modes de chauffage domestique en France au XIX^e siècle», *L'architecture: la réception immédiate et la réception différée. L'œuvre jugée, l'édifice habité, le monument célébré*, sous la direction de Gérard Monnier, Publications de la Sorbonne, 37-51 <http://www.emmanuellegallo.net/livre.html> (consultat 9/08/2012).
- (2006b), «Jean Simon Bonnemain (1743-1830) and the Origins of Hot Water Central Heating» [1043-1060], *2nd International Congress on Construction History, Queens' College*, Cambridge, UK, 29th March-2nd April, edited by the Construction History Society, <http://www.emmanuellegallo.net/livre.html> (consultat 9/08/2012).
- (2006c), *Modernité technique et valeurs d'usage: le chauffage des bâtiments d'habitation en France*, Thèse doctorale, Paris, Université Paris I Panthéon Sorbonne.
- (2008), «Les ouvrages techniques sur le chauffage des bâtiments en France; des inventeurs aux ingénieurs», *La construction savante, les avatars de la littérature techniques*, Centre d'Histoire des Techniques et de l'Environnement (CNAM-EHESS) et l'Institut d'Histoire de l'Art (INHA), Paris, Picard, 347-355.
- (2010), «La Contribution du Marquis de Chabannes (1762-1836) à l'innovation en matière de construction de chauffage et d'urbanisme». A: CARVAIS, R.; GUILLERME, A.; NÈGRE, V., SAKAROVITCH, J., *Édifice & Artifice. Histoires constructives*, Paris, Picard, 1.117-1.126.
- GALLO, E.; THOMINE, A. (2004), «Chauffage et ventilation». A: BELHOSTE, Jean-François, *Le Paris des centraliens, bâtisseurs et entrepreneurs*, Paris, Action Artistique de la Ville de Paris, 199-201.
- GARRISSON, F. H., (1927), «The history of heating, ventilation and lighting», *The New York Academy of Medicine*, Vol. III, **2**, February, 57-67 <http://www.emmanuellegallo.net/livre.html> (consultat 9/09/2012).
- JOLY, V. CH. (1872), *Traité pratique du chauffage, de la ventilation et de la distribution des eaux dans les habitations particulières*, Paris, Librairie Polytechnique J. Baudry, libraire-éditeur.
- LUSA, G. (1999), *¡Todos a Madrid! La Escuela General Preparatoria de Ingenieros y Arquitectos (1886-1892)*, Barcelona, Documentos de la Escuela de Ingenieros Industriales, núm. 9.

MORIN, A. J. (1863), *Études sur la ventilation*, Vol. I, i II, París, Librairie de L. Hachette et Cie.

Nómina del personal académico (1913-1914), Real Academia de Ciencias y Artes, Barcelona, Sobs, de López Robert y C^a. 62-66.

Nómina del personal académico (1914-1915), Real Academia de Ciencias y Artes, Barcelona, Sobs, de López Robert y C^a. 125-130.

O'CONNOR J. J.; ROBERTSON, E. F. (2008), «Arthur Jules Morin», <http://www-history.mcs.st-and.ac.uk/Biographies/Morin.html> (consultat 8/10/2012).

PÉCLET, E. (1843), *Traité de la chaleur considérée dans ses applications*, París, Librairie de L. Hachette, vol. I, 2a. ed.

— (1860), *Traité de la chaleur considérée dans ses applications*, París, Librairie de Victor Masson, vol. II.

— (1878), *Traité de la chaleur considérée dans ses applications*, París, G. Masson, éditeur, vol. III.

POHL VALERO, S. (2006), «La termodinámica como elemento legitimador de la física teórica y aplicada en la España de la segunda mitad del siglo XIX», *Quaderns d'Història de l'Enginyeria*, VII, 73-114.

REID, D. B. (1844), *Illustrations of the theory and practice of ventilation with remarks on warming, exclusive lighting, and the communication of sound*,

London, Longman, Brown, Green, & Longmans Paternoster-row.

RODRÍGUEZ, E. (1858), *Manual de Física General y Aplicada a la Agricultura i a la Industria*, Madrid, Imprenta, fundición y librería de Don Eusebio Aguado.

ROJAS, F. de P. (1868), *Calentamiento y ventilación de edificios*. Memoria premiada por la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales en el concurso público de 1867, Madrid, Imprenta de la viuda de Aguado e hijo.

SERRAT Y BONASTRE, J. (1909), «Necrológica de D. Francisco de Paula Rojas», *Revista Tecnológico-Industrial*, 4, 160-161.

TREGOLD, T. (1825), *Principes de l'art de chauffer et d'aérer les édifices publics, les maisons d'habitations, les manufactures, les hôpitaux, les serres, etc., et de construire les foyers, les chaudières, les appareils pour la vapeur, les grilles, les étuves, démontrés par le calcul et appliqués a la pratique; avec des remarques sur ma nature de la chaleur, et de la lumière, et plusieurs tables utiles dans la pratique*, traduit de l'anglais per T. Duverne, París, Bachelier (Successeurs de Mme Ve. Courcier).

VICUÑA, G. (1874), «Calefacción y ventilación en edificios», *Revista Europea*, 30 (20 de septiembre), 361-371.