

MATERIALS PER A UNA HISTÒRIA DEL FRED

FRANCESC X. BARCA-SALOM

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA; IES ESCOLA DEL TREBALL
DE BARCELONA.

Francesc.X.Barca@upc.edu

Paraules clau: *història del fred, segle XIX, segle XX, gel artificial, compressió, absorció, mescla refrigerant*

Didactic materials for a history of refrigeration

Summary: Although the technology of refrigeration and air conditioning developed in the XX century, their origins can be traced back to the beginnings of civilization. Snow and ice were used to preserve food and to cool drinks. However, it was not until the mid XIX century that methods were elaborated to produce artificial ice and the early XX century that air conditioning was developed. Today the widespread use of this technology has necessitated the creation of vocational courses of a medium level for the assembly and maintenance of air conditioning devices, and courses of a higher level for making projects of thermal facilities. We present some didactic materials related to the history of refrigeration that could be used in vocational courses to assist students, and that could be included in a commemorative commercial catalogue in order to provide a more detailed explanation to the technician.

Key words: history of refrigeration, XIX century, XX century, artificial ice, compression, absorption, refrigeration mix

Tots els participants en congressos d'història de la ciència estarien d'acord en què la història de la ciència i de la tècnica és molt útil per a qualsevol persona que estudiï continguts científics i tècnics. Però, possiblement, no coincidirien ni en la quantitat ni en la forma d'introduir-

los. És evident que història de la ciència i de la tècnica s'ha convertit en una disciplina acadèmica al llarg del segle XX i que les aplicacions didàctiques han estat considerades i introduïdes en molts camps.¹ Ara bé, mentre que fins al segle XVII el coneixement històric d'una ciència era part consubstancial a ella mateixa i servia per afirmar el paradigma vigent, en la tècnica, en canvi, la història gairebé no hi era present possiblement perquè el text escrit era secundari o inexistent perquè la transmissió dels sabers es feia a través del dibuix i l'estructura productiva.²

En els segles posteriors la història de la ciència va ser utilitzada com a instrument per enaltir el progrés i criticar les irracionalitats del passat. En aquest context cal incloure les històries de les diverses disciplines que encapçalaven els llibres de text que possiblement haurien de ser considerades com una de les primeres eines didàctiques. La història de la tècnica, en canvi, va continuar la seva línia fins al segle XIX, en què ja hi trobem textos tècnics més o menys específics que incorporaven referències a la història de la matèria que tractaven, possiblement seguint l'exemple dels llibres de ciència.

La utilitat que d'aquests capítols se'n feia en la didàctica de la disciplina és si més no dubtosa malgrat l'evidència que la ciència i la tècnica podien ser millor compreses si es feia servir el mètode històric. Adonar-se de les dificultats que havia costat aconseguir un determinat descobriment havia de permetre a l'alumne valorar més la ciència i la tècnica del present. Ara bé, no sempre era possible o prou aconsellable reproduir en l'alumne el mateix procés que havien seguit els científics o els tècnics en la descoberta. Però, allà on ho era, l'aprenentatge esdevenia més clar i entenedor i al mateix temps feia la disciplina més atractiva.

En aquesta comunicació us mostrem un primer intent d'elaborar materials que aprofundeixin en alguns conceptes de la història de la tecnologia del fred perquè puguin ser aprofitables tant en estudis de formació professional, per tal d'engrescar els alumnes en el que serà la seva especialitat, com per a un catàleg d'una empresa interessada a donar a aquesta publicació un nou aire més cultural. La col·laboració amb les empreses és un factor imprescindible per evitar que els coneixements que s'imparteixin siguin antiquats o desfasats. Semblaria, doncs, que la història de la tecnologia no hi tindria cabuda. No obstant això, el que presentem aquí prova que no ha de ser necessàriament així i que la col·laboració entre les empreses i la docència també poden trobar punts de contacte en el camp històric.

1. Tanmateix, des de les civilitzacions clàssiques sempre hi ha hagut formes primitives d'aplicació d'aquesta matèria. Recordem, per exemple, les històries d'Eudem de Rodas o els comentaris a Aristòtil que es feien a l'edat mitjana (Kragh, 1989; Barona, 1994).

2. No obstant això, en el Renaixement hi ha alguna obra erudita que podria ser potser considerada com la primera història de la tècnica. Ens referim al text de Polidori Vergili *De rerum inventoribus*. Però llevat d'això, els tractats de màquines posteriors continuaren donant molta més importància al dibuix que al text i la història no va ser tinguda en compte.

Posar història en un crèdit d'un cycle formatiu

El setembre de 2002, després de vint-i-tres anys de docència de les matemàtiques, per decisió unilateral del Departament d'Ensenyament vaig haver d'impartir alguns crèdits en un cycle de formació professional de la família de manteniment i serveis a la producció. Aquest canvi, que inicialment em va trasbalsar profundament, al final s'ha convertit en la meua feina habitual i, a mesura que han anat passant els anys, he anat descobrint l'interès dels seus continguts i la importància d'aquesta formació.³

Des que vaig ser recol·locat forçós a l'IES Escola del Treball de Barcelona vaig haver de fer front a quatre crèdits diferents del cycle formatiu de grau superior de Projectes d'instal·lacions tèrmiques, de fluids i manutenció. Es tractava d'impartir els coneixements necessaris a uns alumnes que volien treballar en una oficina tècnica ajudant a fer projectes i on calia fer càlculs d'instal·lacions de calefacció, d'aire condicionat i d'aigua calenta sanitària.

Aquest era un cycle del qual no s'havien elaborat llibres de text ja que s'impartia en molt pocs llocs. En el moment d'iniciar la seva impartició sols hi havia a Catalunya un centre públic de fora de Barcelona i un de privat de la ciutat comtal que l'impartien i sempre amb un nombre d'alumnes molt escàs. Potser per això, el centre públic de fora de Barcelona va deixar d'impartir-lo dos anys després. Aquest caràcter minoritari no l'ha perdut encara ja que actualment sols s'imparteix a dos centres públics i un de privat. A l'IES Escola del Treball omplim anualment un curs de primer amb uns 30 alumnes que continuen l'any següent amb una lleugera reducció.

El cycle es compon d'uns 13 crèdits que s'imparteixen en unes 2.000 hores de les quals 350 es fan a l'empresa mitjançant els convenis de FCT (Formació en Centres de Treball).

A primer curs s'imparteixen el crèdit 1 d'instal·lacions de fluids, el 2 d'instal·lacions de processos tèrmics, el 6 d'automatismes, el 7 de representació gràfica i el 9 de tècniques de muntatge.

En el segon curs s'imparteixen els temes de manutenció en els crèdits 3 i 4 per un professor del departament de metall; els crèdits 11 i 12 de l'àrea de FOL (Formació i Orientació Laboral); el crèdit 5, bàsicament d'organització industrial; el crèdit 8, que fa les funcions de crèdit de síntesi, i el crèdit 10, que tracta dels conceptes bàsics de la qualitat.

Els crèdits la docència dels quals he assumit durant els darrers cinc anys són els següents:

- C-2. Instal·lacions de processos tèrmics.
- C-5. Processos i gestió de muntatge d'instal·lacions.
- C-8. Projectes d'instal·lacions tèrmiques i de fluids.
- C-10. Gestió de la qualitat en el disseny.

3. Puc afirmar això atès que els alumnes que l'assoleixen troben col·locació gairebé en la seva totalitat. Així doncs, el 60% es col·loca en empreses d'enginyeria, com a ajudants d'enginyers, i el 40% restant, en empreses de supervisió d'obra o d'assessoria a l'instal·lador.

Per fer front a aquest repte vaig preparar uns apunts per a cada un d'aquests crèdits, llevat del crèdit 8 que, com he dit abans, tenia el sentit com de crèdit de síntesi ja que l'alumne ha de fer un projecte complet on apliqui tot el que ha après en els altres crèdits. Atesa l'escassa implantació d'aquests estudis vaig haver de cercar documentació entre els manuals universitaris i els textos que elaboren els gremis d'instal·ladors i mirar de cercar un nivell intermedi que s'ajustés al que interessava als alumnes.

Analizarem amb més detall el crèdit 2 que està situat a primer curs del cicle i és un dels fonamentals tant per la durada, de 210 hores distribuïdes en sis hores setmanals, com perquè permet a l'alumne aconseguir el carnet professional ICRF (Instal·lador, conservador, reparador frigorista).

Aquest crèdit està distribuït en diverses unitats que podem agrupar en els següents apartats: 1. Nocions generals i de termodinàmica: Unitats. Pressió. Termometria. Conceptes bàsics de termodinàmica. Transferència de calor. Processos de flux permanent. 2. Càlcul de càrregues tèrmiques en calefacció i aire condicionat. 3. Psicrometria: composició de l'aire, propietats de l'aire humit. Ús del diagrama psicromètric. Aplicació del diagrama a la resolució de processos de condicionament de l'aire. 4. El cicle frigorífic i els seus components: el diagrama de Mollier. Càlcul d'una instal·lació frigorífica. Subrefredament i reescalfament. Compressors. Evaporadors. Condensadors. Torres de refrigeració. Els fluids refrigerants. 5. Calefacció per aigua calenta: càlcul d'una xarxa bitubular i monotubular. 6. Instal·lacions d'aigua calenta sanitària: determinació del consum. Càlcul d'una xarxa d'ACS en instal·lacions individuals i col·lectives. 7. El Reglament de plantes i instal·lacions frigorífiques.

En els apunts que vaig preparar per al crèdit 2 vaig intentar introduir algunes referències històriques. Era conscient, però, que no podia abusar d'aquestes idees ja que els alumnes, interessats a conèixer les novetats tècniques de la seva especialitat, no tolerarien un excés de continguts històrics. Allò que s'introduïa per amenitzar i fer més humà i atractiu el contingut tècnic podria ser interpretat com una manera de passar el temps.

Per això sols vaig fer referències molt breus a personatges o a l'origen de determinats aparells. Així, quan vaig introduir la psicrometria vaig fer referència a la composició de l'aire determinada per Antoni Martí Franquès. A la unitat dedicada als fluids refrigerants vaig redactar una breu cronologia que servís d'introducció al tema (vegeu document adjunt). També hi trobarem referències més breus a personatges destacats. Així en l'apartat de cicle de refrigeració, quan s'està a punt d'introduir el conegut diagrama de Mollier, es fa una breu referència a aquest autor, i en la unitat dedicada als compressors es fa una breu referència als compressors alternatius especials construïts el 1935.

Aquests quatre exemples poden donar una idea de la utilització breu i mesurada, però constant, que s'ha anat fent de la història en els apunts d'aquest crèdit 2 per tal d'aconseguir que l'alumne adquireixi una visió més general del que serà la seva especialitat.

La meua doble pertinença a l'ensenyament secundari i universitari, que m'ha generat algunes incompatibilitats, m'ha permès també alguns avantatges. Un dia em va venir a veure

el Sr. Miquel Pascual López, que és propietari i fundador de REMLE. Aquesta empresa tot just havia acabat de celebrar el seu 50è aniversari i el Sr. Pascual estava interessat a fer una publicació commemorativa on a banda de parlar de l'empresa i d'altres temes del sector es fessin referències històriques a la indústria del fred, un camp en el qual REMLE s'estava introduint. Com que el tema de la història del fred m'interessava especialment tant per la història d'aquesta tecnologia com per les seves aplicacions didàctiques al cicle de formació professional, vaig acceptar de col·laborar per tal d'escriure unes fitxes en les quals es fes la descripció d'algunes màquines antigues de producció de fred. El resultat d'aquesta col·laboració es pot resumir en el material que us mostrem ara.

Exemples de nous materials

En col·laboració amb el Sr. Miquel Pascual hem anat elaborant unes fitxes relatives a diferents processos de producció de fred o de descripció de diferents màquines frigorífiques. Una de les primeres fa referència a un procés que es diria pertanyent a una etapa intermèdia entre el fred natural i el fred artificial que és l'obtenció de fred mitjançant les mescles de diferents productes. Es tracta d'aconseguir reaccions endotèrmiques que absorbeixin calor del medi i consegüentment el refredin. Un segon grup de fitxes es refereixen a la producció de fred per absorció. En tercer lloc es dedica major atenció a les màquines de producció de fred per compressió. I, finalment, es presenta un cas pràctic d'un aparell que servia per envellir els vins.

Com es pot veure s'ha triat un exemple de mescla per donar a conèixer un vell mètode, dos exemples per descriure els processos més habituals de producció de fred a l'actualitat i, finalment, com a colofó, un exemple pràctic d'utilització d'aquestes tècniques en la fabricació del vi.

a) *Mescles frigorífiques*

Abans que s'inventessin màquines de producció de fred artificial i mentre es feia servir encara el gel natural (emmagatzemat en pous de glaç) per refredar aliments, es va descobrir que barrejant certes sals amb aigua s'aconseguia baixar la temperatura.⁴ Això succeïa, per exemple, quan s'afegia nitrat sòdic a l'aigua. Es diu que ja els omeies en el segle iv feien sorbets amb una mescla de neu i salnitre. El 1553, Blas Vilafranca va explicar com refredar aigua o vi pel mateix mètode en el seu llibre editat a Roma titulat: *Methodes refrigerandi ex vocato sale nitro vinum aquamque ac potus quodvis aliud genus, cui accedaent varia naturalium rerum problemata, non minus jucunda lectu, quam necessaria cognitu* (Corretger, 1984: 4).

L'ús de mescles refrigerants va estendre's considerablement, de manera que en el segle xvii foren diversos els seus usos tant domèstics com de laboratori. Aquestes mescles van per-

4. Sobre aquesta temàtica cal consultar la bibliografia disponible com Corella, 2004 o Cooper, 1994. També cal consultar els manuals disponibles en el període històric com Vidal, 1918; Puig, 1935, i Perret, 1904.

metre, per exemple, a Joseph Adam Braum (1712?-1768), professor de física a Sant Petersburg, solidificar el mercuri d'un termòmetre a -300°C . També a Fahrenheit se li atribueix haver utilitzat aquestes mescles en els seus experiments sobre les escales termomètriques (Chang, 2004: 195).

L'ús de mescles no va tenir gaire aplicació en la indústria a causa de l'elevat preu de les matèries primeres utilitzades. A nivell domèstic, però, s'hi podien distingir tres grups de mescles productores de fred. En primer lloc, la dissolució de determinades sals amb aigua requeria una quantitat de calor addicional que era agafada de l'entorn i aquesta circumstància produïa fred, que s'aprofitava per refredar algun altre producte. En segon lloc es podia fer la mateixa dissolució utilitzant, en lloc d'aigua, gel en pols, aconseguint-se així un fred més intens. Cal tenir present que la mescla redueix la temperatura de congelació del gel de manera que aquest es fon. Aquesta calor latent de fusió s'afegeix a la calor absorbida per la dissolució de manera que el medi pateix un refredament major. Finalment, també es poden fer mescles refrigerants amb líquids diferents de l'aigua com l'àcid sulfúric, l'àcid nítric i l'àcid clorhídric.

En la fitxa dedicada a les mescles frigorífiques es descriu un aparell denominat Gelatera Siberiana que era fabricada per la casa Douane (fig. 1). Aquest aparell utilitzava la mescla de sulfat sòdic i àcid clorhídric que permetia obtenir un gel que no es fonia fàcilment.

Per utilitzar la gelatera es posava una quantitat d'aigua a congelar en un motlle d'arestes i es tapava bé amb unes plaques de cautxú. A continuació s'omplia la gelatera de la mescla

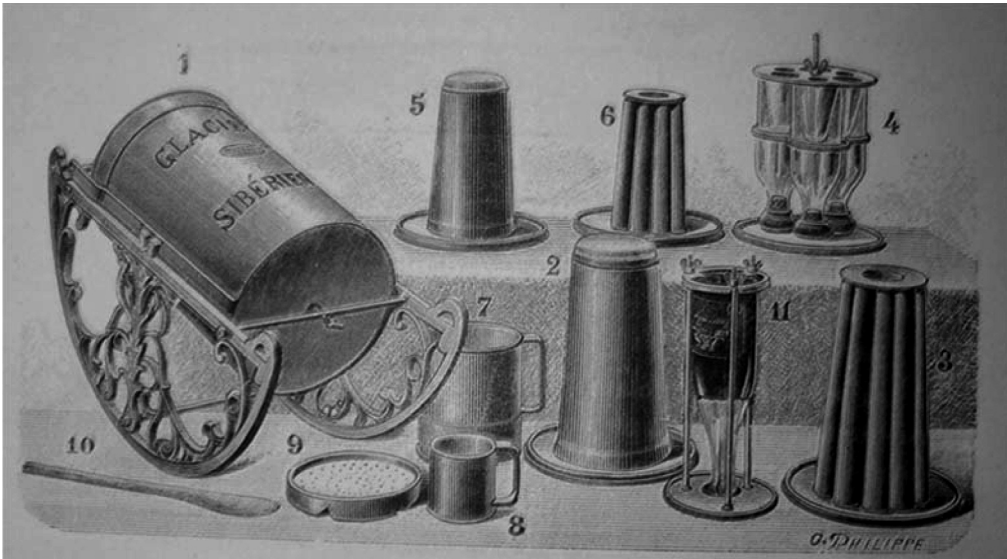


Figura 1. Gelatera siberiana.

refrigerant posant primer la sal i després l'àcid. A continuació s'hi introduïa el motlle ple d'aigua i es tapava tot el conjunt fortament per mitjà d'un cargol de pressió. Després es posava la gelatera en un carro basculant i es balancejava lentament durant un cert temps. Finalment, es retirava, s'obria i es treia el motlle el qual se submergia en aigua tèbia per aconseguir que el gel que s'havia format en el seu interior es desprengués fàcilment. Calia, però, tenir molta cura de netejar els motlles i el cos de la gelatera abans de tornar-la a utilitzar (Perret, 1904: 25).

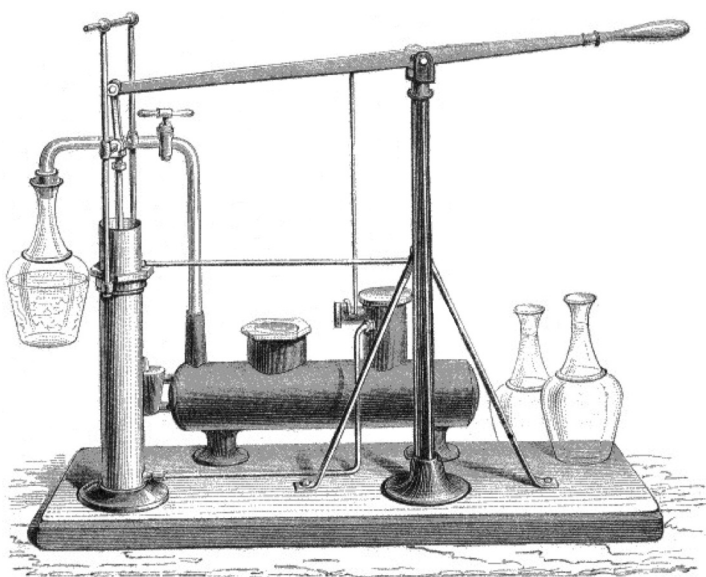
Aquest aparell permet als alumnes conèixer una manera poc habitual de producció de fred. Una forma que comportava despeses considerables ja que el producte resultant de la mescla no es podia tornar a aprofitar i a més generava uns riscos per a la salut, ja que calia tenir molta cura que la mescla no entrés en contacte amb el producte a refredar, però que era aplicable en aquells indrets allunyats dels grans nuclis de població.

b) Màquines frigorífiques d'absorció

La primera màquina d'absorció va ser introduïda el 1859 per Ferdinand Carré (1824-1900) i es basava en la gran afinitat que té l'amoníac per l'aigua. Uns anys abans, Edmond Carré, germà de Ferdinand, havia assajat una màquina que gelava aigua a l'interior d'unes garrafes amb un mètode que utilitzava l'avidesa de l'àcid sulfúric per reaccionar amb l'aigua. En una de les fitxes es fa esment de la màquina d'Edmond Carré i es tracta d'explicar com era el procediment.

Edmond Carré s'havia basat en els treballs de William Cullen (1710-1790) que el 1755 va construir un aparell frigorífic de laboratori on produïa gel per evaporació de l'aigua sota una cambra de buit. Des d'aleshores els llibres de física recollien l'experiment. Es tirava aigua en un petit recipient que es posava sota una campana de vidre en la qual es tractava de fer el buit. L'aigua entrava en ebullició tan bon punt la pressió era l'adient perquè passés de líquid a vapor i en no tenir cap aportació de calor externa l'agafava del medi refredant-se ella mateixa fins a solidificar-se. Amb l'experiència de Cullen, Edmond Carré va posar en pràctica un aparell (vegeu fig. 2) que permetia obtenir gel allà on no hi havia comerç d'aquest producte. Consistia en una petita bomba que feia el buit en una garrafa connectada a ella a través d'un tub metàl·lic i un tap de cautxú. L'aigua que contenia la garrafa no trigava gaire en entrar en ebullició. El vapor produït travessava un recipient intermedi que estava ple de sulfúric el qual l'absorbia i el condensava immediatament. Mentre, l'aigua que quedava en la garrafa, per les raons abans esmentades, es congelava en menys d'un minut. La figura següent (fig. 2) representa aquest aparell que va tenir l'inconvenient del preu elevat a causa de l'elevat consum d'àcid sulfúric (Lhéritier, 1875: 49).

Els treballs d'Edmond Carré van ser utilitzats pel seu germà Ferdinand per registrar diverses patents sobre la màquina d'absorció amb amoníac. Aquestes màquines partien d'una solució de 25% d'amoníac amb aigua que per acció de la calor se separava produint sobre el recipient un augment de la pressió. L'amoníac així comprimit passava a l'estat líquid dins



Appareil Carré pour frapper les carafes.

Figura 2. Aparell inventat per Edmond Carré per gelar garrafes.

d'un condensador per passar després a un evaporador on s'evaporava al mateix temps que produïa fred al medi.

El procés tenia lloc de la manera següent. Es partia d'una solució amoniacal continguda en una caldera dins la qual per acció del foc s'aconseguia separar en forma de vapor l'amoníac de l'aigua. Aquest vapor amoniacal es liquava per una doble acció de l'increment de la pressió que patia i per la temperatura d'un serpentí pel qual passava, que estava rode-

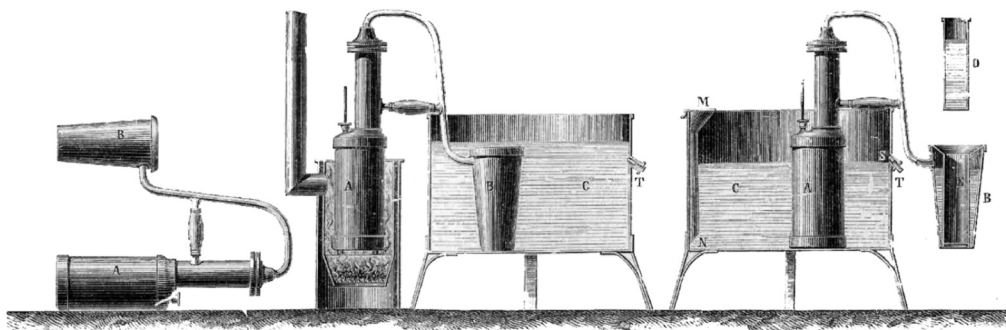


Fig. 77. — Appareil domestique Carré.

Figura 3. Aparell domèstic de Ferdinand Carré.

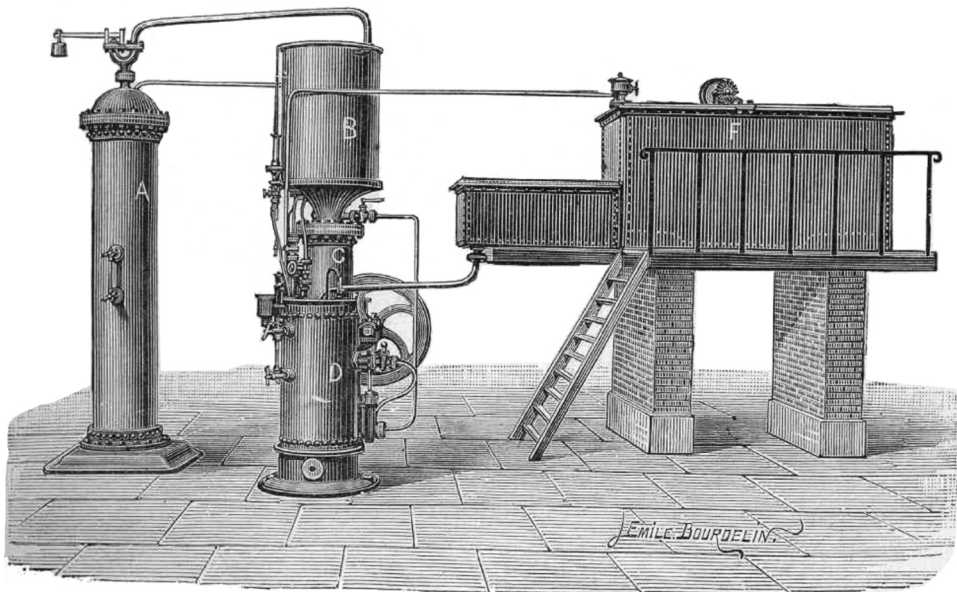


Fig. 76. — Appareil à absorption système Rouart pour la fabrication de la glace opaque.

Figura 4. Aparell d'absorció sistema Rouart.

jat d'aigua freda. A continuació, aquest amoníac líquid es deixava expandir en un congelador produint-se una temperatura de -15°C .

Ferdinand Carré va fabricar una màquina gran per a operacions contínues i una de petita per a operacions intermitents, que és la que recull la figura 3. En ella es pot veure la caldera A que conté la solució amoniacal i que està situada sobre el foc o dins d'un recipient ple d'aigua a elevada temperatura, un condensador B format per un recipient de doble capa on l'amoníac es liqua per la part anular i a la part central hi ha l'objecte a congelar dins el recipient E (Perret, 1904: 203).

Damàs Calvet (1836-1891) que, a més de literat, va ser enginyer industrial i professor de l'Escola d'Enginyers Industrials de Barcelona, va viatjar a París per estudiar el sistema Carré i a la tornada va escriure una publicació on descrivia les dues màquines. La petita era de caràcter domèstic i era portàtil. Podia produir de 0,5 a 2 kg de gel a cada operació. La gran, de la qual es van fer cinc models diferents, podia produir de 12 a 100 kg de gel per hora (Calvet, 1862; Perarnau, 2006: 416).

La casa Rouart de París va fabricar màquines d'absorció del model inventat per Ferdinand Carré com indica la figura 4. Seguint la mateixa idea de Carré, Wallicely va introduir algunes modificacions que milloraven la circulació del fluid ja que se situava una bomba regulada per la mateixa màquina per impulsar el líquid ric en amoníac cap a la caldera.

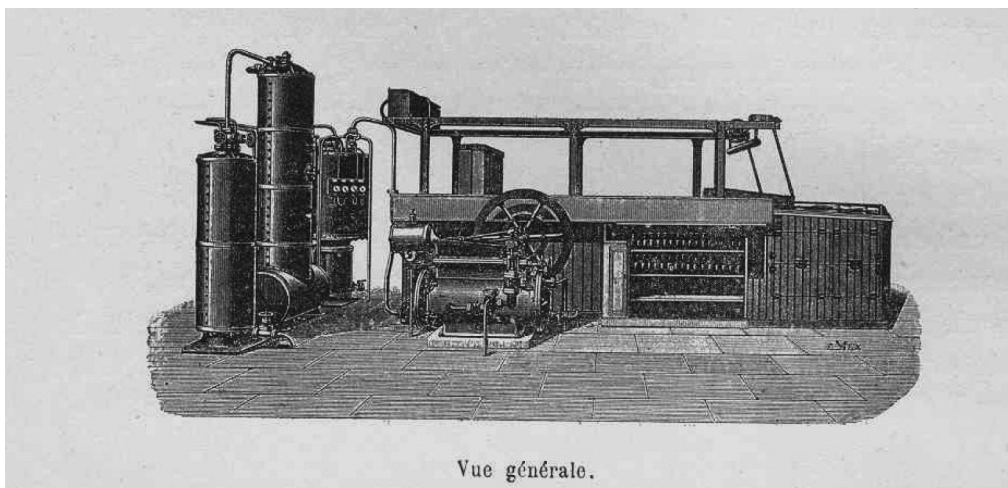


Figura 5. Màquina d'absorció Wallicely.

L'aparell, descrit a la figures 5 i 6, constava d'una caldera A escalfada per vapor en la qual es despenia l'amoníac. Aquest anava a un liquefactor o condensador compost per un serpentí on l'amoníac gasós es refredava i es liquava. Aleshores es recollia en un recipient F des d'on passava al congelador G. Allí s'expansionava i evaporava produint un descens de temperatures. El gas expansionat passava a la part central del liquefactor on es trobava

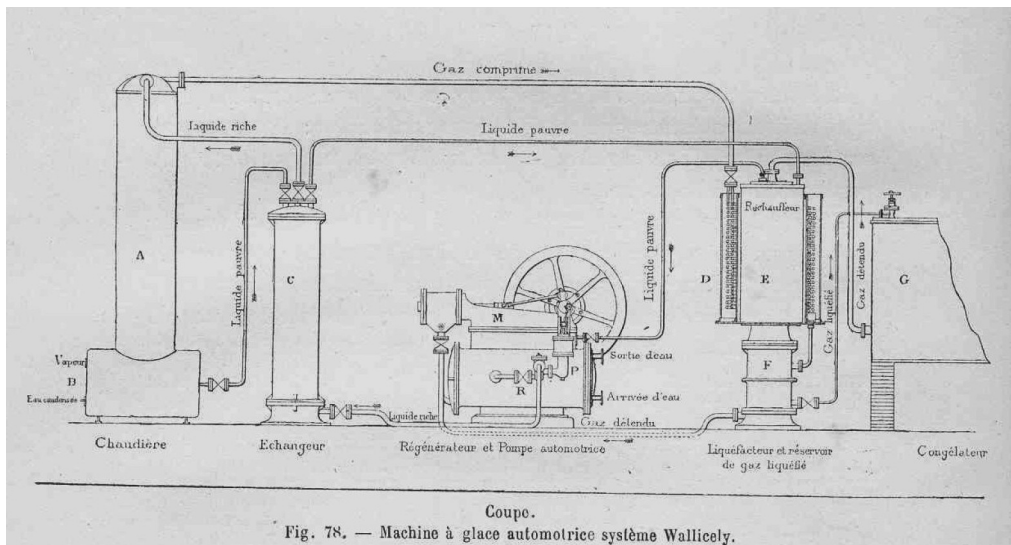


Figura 6. Esquema de la màquina automotora sistema Wallicely.

el líquid pobre. L'accionament de la bomba estava assegurat per un element de la mateixa màquina frigorífica susceptible de produir la quantitat de treball necessari: la bomba automotriu. Per aconseguir això s'aprofitava la caiguda de pressió produïda en cada moment per l'absorció continuada del gas en el refrigerador i s'intercalava en el circuit del gas un cilindre motor a través del qual s'obligava a passar el gas abans de dur-lo al refrigerador (Perret, 1904: 208).

Les màquines d'afinitat com les descrites fins aquí presentaven un problema i era que quan s'escalfava la solució amoniaca, el gas amoníac es despenia produint un efecte útil, però també s'evaporava aigua al mateix temps cosa que produïa un efecte no desitjat amb el corresponent consum inútil de carbó. Per posar remei a aquest problema Hignette va fabricar una màquina d'amoniac en la qual va introduir un element que eliminava les pèrdues esmentades i aconseguia així augmentar el rendiment global de la màquina: era un rectificador.

Així doncs, la màquina Hignette (figures 7 i 8) estava composta per cinc elements: A) una columna amb un serpentin on se separava l'amoniac en forma gasosa; B) un rectificador que eliminava el vapor evaporat amb l'amoniac; C) un condensador o liquefactor on l'amoniac esdevenia novament líquid; D) un refrigerador, on l'amoniac tornava al seu estat gasós absorbint la calor del medi; E) un regenerador que permetia tancar el circuit i començar de nou l'operació (Perret, 1904: 212).

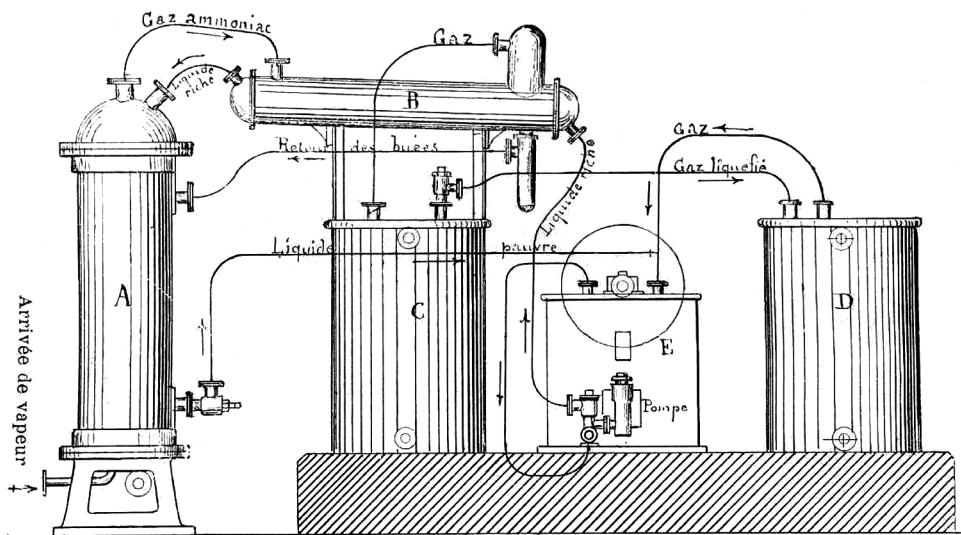


Fig. 79. — Machine frigorifique à affinité de Hignette (25 kg. de glace à l'heure).
LÉGENDE : A Colonne avec serpentin de vapeur. — B Rectificateur. — C Condenseur ou liquefacteur.
D Réfrigérant contenant le liquide incongelable. — E Régénérateur.

Figura 7. Esquema d'una màquina frigorífica Hignette.

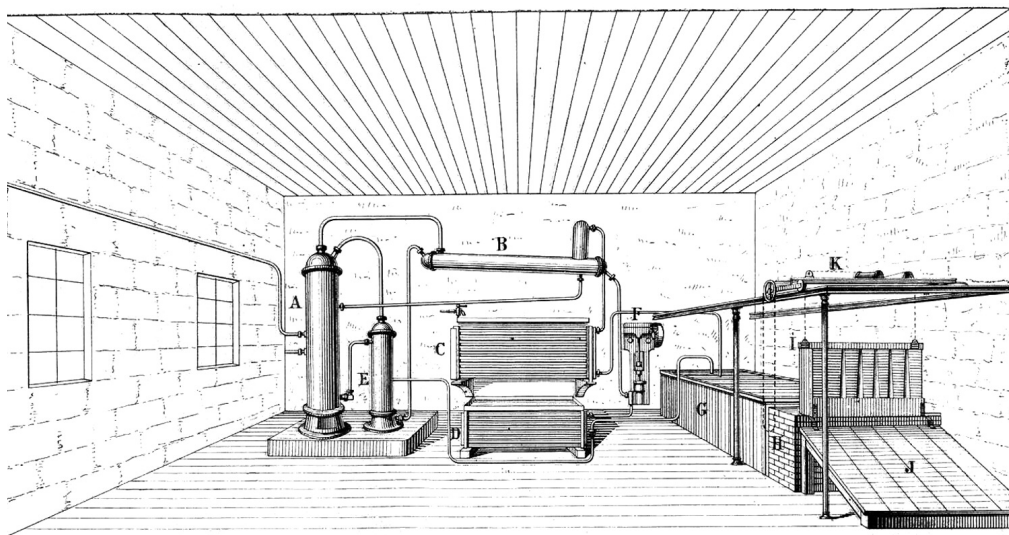


Fig. 80. — Machine frigorifique à affinité de Hignette (300 kgs).

Colonne à ammoniac.
Rectificateur.
Condenseur ou liquéfacteur.

D Régénérateur.
E Vase échangeur.
F Pompe.

G Réfrigérant contenant le liquide incongelable et les mouleaux.
H Cuvé à eau chaude pour le démoulage.
I Palonnier pour enlever les mouleaux.

J Plan incliné pour le déchargement
mouleaux.
K Pont roulant.

Figura 8. Vista de conjunt d'una màquina frigorífica Hignette.

Els dos components nous incorporats per la màquina Hignette eren el rectificador i el regenerador. El rectificador es componia d'un feix de tubs on circulava en un sentit el gas amoníac amb vapor d'aigua procedent de la columna del serpentí i en sentit contrari el líquid fred enriquít procedent de la sortida del regenerador. En trobar-se amb les parets fredes, el vapor d'aigua es condensava i se separava del gas amoníac augmentant així la seva puresa.

El regenerador es componia d'una sèrie de tubs horitzontals foradats superposats sobre dues plaques tubulars. La seva funció era rebre el líquid amoníac després d'haver produït el fred i mesclar-lo amb aigua procedent de la primera solució. Aquesta era una solució que havia perdut la major part del seu amoníac en la primera fase per l'acció de la calor i que ara s'enriquia amb l'amoníac líquid que sortia de produir fred i donava lloc a una solució enriquida apta per tornar a començar l'operació.

Tot aquest seguit de màquines poden servir d'introducció a les noves màquines d'absorció que hi ha actualment al mercat. Es tracta de màquines que utilitzen el mateix procediment però amb un líquid menys tòxic que l'amoníac que és el bromur de liti. D'aquestes màquines se n'han instal·lat algunes a la zona del Fòrum de Barcelona i proporcionen refrigeració i calefacció a alguns edificis privats i públics del nou barri denominat 22@.

c) Màquines frigorífiques de compressió

El tercer grup de fitxes que hem elaborat tracten d'un altre sistema de producció de fred molt més estès que l'anterior i que s'aplica tant a petits aparells domèstics com a grans cambres frigorífiques de mercats o restaurants. Es tracta del cicle de compressió que necessita quatre elements: el compressor, el condensador, l'evaporador i la vàlvula d'expansió. El cicle consisteix en dos canvis de fase que constitueixen la base de la refrigeració. El primer té lloc en el condensador on el refrigerant passa de vapor a líquid per la qual cosa ha de cedir la calor latent a l'ambient. El segon té lloc a l'evaporador i consisteix en el fet que el refrigerant passi de líquid a vapor, i per fer això ha d'absorbir la calor latent de l'entorn aconseguint, d'aquesta manera, refredar-lo. Els orígens de la refrigeració per compressió es remunten a la primera meitat del segle XIX.

Fou l'enginyer americà resident a Londres John Perkins (1766-1849) el primer a patentar el 1834 una màquina de compressió que produïa fred. Es tractava d'un aparell que fabricava gel mitjançant un cicle on comprimia i expandia èter etílic que actuava com a fluid refrigerant (Beltran, 1989: 114).

Posteriorment John Hague, Alexander Twining (1801-1884) i James Harrison (1816-1893) van perfeccionar aquest invent donant lloc a la producció de gel artificial. Ara bé, l'èter etílic era inflamable i per aquest motiu van haver de cercar altres fluids refrigerants. Harrison va fer servir l'èter metílic. També es van emprar l'amoníac, el diòxid de sofre i principalment el clorur de metil.

Un dels millors exemples d'utilització del clorur de metil com a fluid refrigerant són les màquines fabricades per la casa Douane.

La màquina Douane estava composta d'un evaporador, que anomenaven *frigorifer*, d'una aixeta que feia de vàlvula d'expansió, d'un compressor que era accionat manualment si era petit o mitjançant un motor si era gran i, finalment, d'un condensador en forma de serpenti submergit en aigua.

El clorur de metil començava a evaporar-se després que l'aixeta li produís una expansió des d'una pressió més elevada a una de més baixa, que si era l'atmosfèrica la temperatura aconseguida era de -23°C . El fluid que circulava per l'evaporador seguia el procés iniciat de canvi de fase i agafava la calor latent de vaporització del medi que podia ser simplement un recipient ple d'aigua, la qual transformava en gel. El compressor agafava el vapor resultant i el comprimia augmentant la seva pressió. Després, aquest vapor sobreescalfat de clorur de metil l'enviava a un serpenti on es condensava en cedir la calor a un fluid que solia ser també aigua. El procés continuava d'aquesta manera indefinidament (Perret, 1904: 105-114).

L'aparell Douane més simple era un model que produïa només al voltant d'1 kg o 1,5 kg de gel en una hora i que es caracteritzava perquè el compressor s'accionava de manera manual mitjançant unes manetes (fig. 9). En canvi en els models de gran producció de gel es van escollir en un principi els compressors verticals que segons aquest constructor resultaven més racionals que els horitzontals.

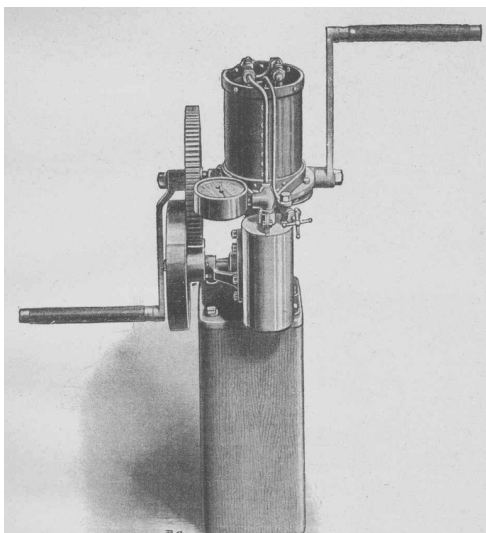


Figura 9. Màquina Duane de compressió amb accionament manual.

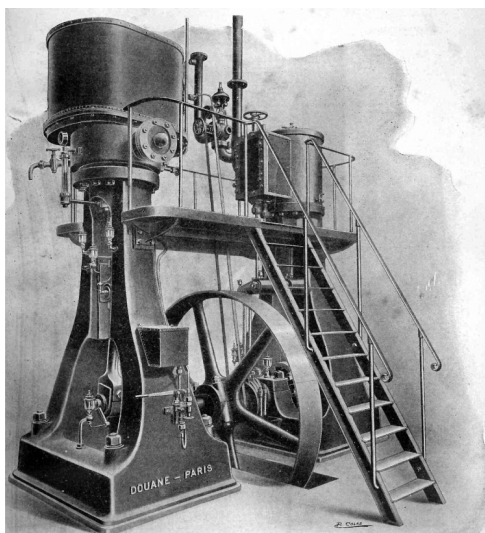


Figura 10. Màquina frigorífica Douane amb compressor vertical.

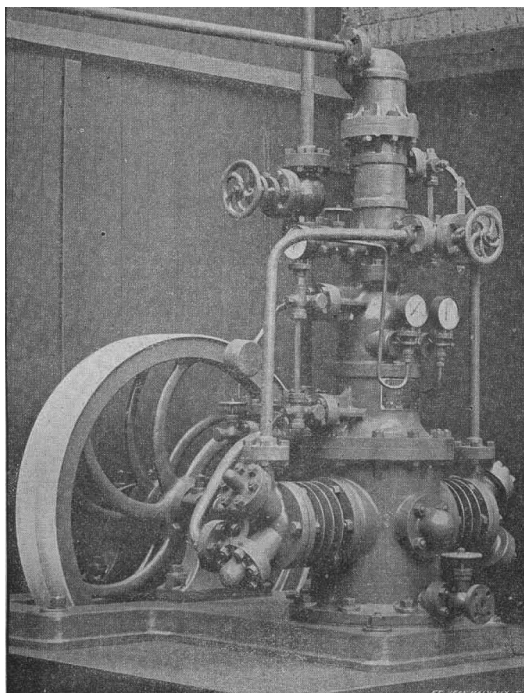


Figura 11. Compressor d'una màquina Lebrun.

Aquests compressors de grans dimensions s'anomenen automotors ja que el motor estava integrat amb el mecanisme de compressió i solien tenir un pistó de doble efecte, és a dir, que treballa pels dos cantons (fig. 10).

Bruno Lebrun a la seva fàbrica de Nimy (Bèlgica) i, també, l'empresa Roussel & Duponchelle de França van construir una màquina frigorífica que funcionava per compressió i expansió d'amoníac anhidrid (fig. 11). La producció del fred tenia lloc en un cicle de compressió per la qual cosa aquest aparell estava compost per un compressor, un condensador i un congelador (que avui anomenaríem evaporador) (Perret, 1904: 127-132).

Com en tot procés de compressió el fluid refrigerant que en aquest cas era amoníac en estat de vapor era comprimit incrementant la seva pressió i temperatura. A continuació, el fluid passava al condensador on perdia aquesta calor i la calor latent de vaporització fins a esdevenir completament líquid tot i mantenint la pressió elevada. Tot seguit l'amoníac s'expansionava en passar del condensador a l'evaporador on es transformava novament en gas. A l'evaporador (anomenat congelador) absorbia la calor latent de vaporització del medi i refredava així les seves parets. El compressor vertical utilitzat tenia dos pistons oposats que es reunien en el mig d'una corredora.

Aquestes màquines de producció de fred per compressió són els precedents de les màquines frigorífiques actuals. Caldrà però fer veure que el nom d'evaporador, utilitzat de manera general avui en dia, rebia en aquells anys diferents noms com *frigorífer* o refrigerador o congelador, que era un terme més relacionat amb les funcions que complia. També cal destacar que els compressors de les primeres màquines petites no tenien motor, sinó que s'accionaven manualment i que, en el cas de les grans, hi havia preferència pels compressors verticals contràriament als que es faran servir més tard.

d) Una aplicació pràctica

Acabarem aquesta comunicació presentant una màquina d'aplicació del fred a la fabricació de vins. Des del començament el fred industrial va donar recolzament a la indústria del vi no sols en el refredament del most, sinó també en l'envelliment de vi i el degollament dels xampanyans.

L'envelliment del vi és una operació que consisteix a treure al vi jove el seu sabor aspre i fer-li dipositar substàncies insolubles. Normalment això es fa de manera natural per acció de l'oxigen i del pas del temps. El fred no és suficient per aconseguir l'envelliment dels vins i es requeria també calor i oxidació. Malvezin va inventar un procés que comportava tres fases: pasteurització, oxidació i refrigeració. La pasteurització destruïa els dipòsits microbians, l'oxidació provocava el dipòsit de colorants i tanins i altres matèries insolubles i finalment el vi era refredat per millorar-lo en aconseguir que acabés de precipitar les substàncies insolubles i tingués una presentació més clara i transparent (Perret, 1904: 511).

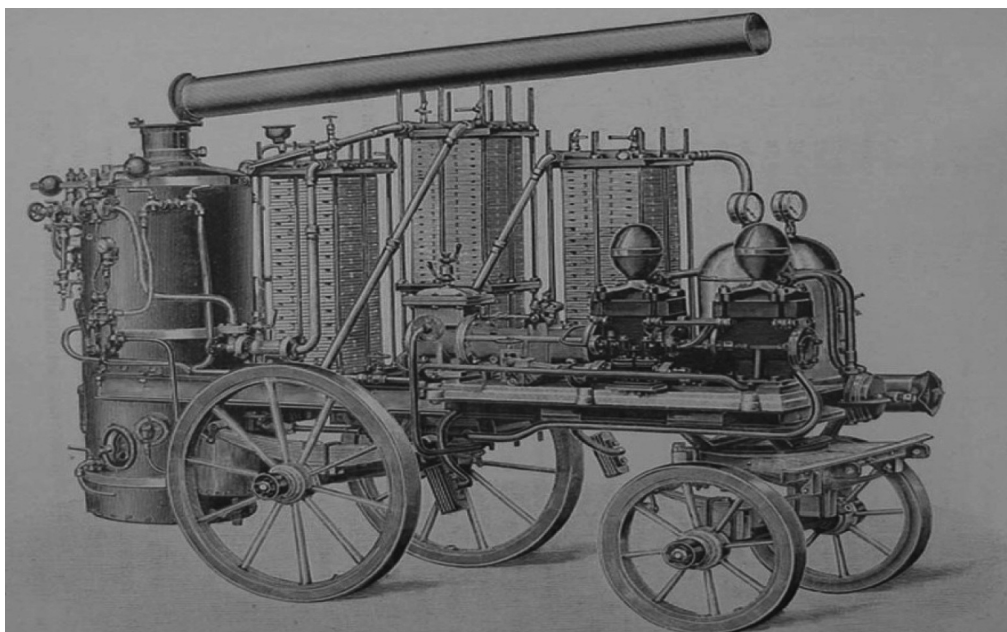


Figura 12. Pasteuritzador Pastor.

El procés es designava amb l'acrònim Pasteuroxifrigoria i la màquina presentada (fig. 12) en la seva forma portàtil era designada pel nom d'una part del procés: Pasteuritzador Pastor.

Conclusió

Possiblement, la recerca i utilització d'aquest material antic relatiu a la producció de fred sigui un cas d'aplicació pràctica de la història de la tecnologia: aplicació a l'ensenyament d'un crèdit d'un cycle formatiu de formació professional. I, també, aplicació a una publicació commemorativa d'una empresa que vol donar un vernís cultural a la seva activitat.

En el primer cas, aquests materials poden servir per comprendre el funcionament de les màquines antigues. Entendre, també, que les màquines de fred actual tenen el seu origen, primer, en els pous de glaç i, després, en la producció artificial de gel. Tot això hauria de permetre valorar millor l'esforç que ha costat a la humanitat poder arribar al nivell tecnològic actual.

En el segon cas, els materials recollits en la publicació commemorativa poden difondre aquests coneixements entre els instal·ladors i altres empresaris del sector del fred. D'aquesta manera, augmentant el nivell cultural dels clients, es dona prestigi a l'empresa que regala la publicació ja que posa de manifest la seva visió més àmplia i oberta. A més qui la rep queda agraït per haver après coses que potser desconeixia.

Som conscients que aquests materials no han de treure lloc a l'ensenyament de les noves màquines frigorífiques que utilitzen nous refrigerants, ni als nous compressors que permeten regular el flux de refrigerant adaptant-lo a les necessitats tèrmiques del local. Tampoc no pretenem amb això substituir el coneixement de les màquines noves d'absorció per les antigues. Ni perdre massa temps amb l'amoniac quan ara es fa servir bromur de liti.

Aquests treballs sols pretenen ampliar el camp de coneixement en l'alumne de manera que vegi que els sistemes de produir fred actual tenen uns antecedents en unes màquines algunes de les quals funcionaven de manera semblant a les actuals i d'altres, no. Sols volem utilitzar aquests coneixements històrics com un marc introductorí per poder explicar l'estat actual de les màquines frigorífiques actuals i al mateix temps engrescar l'alumne en la disciplina que està estudiant.

Bibliografia

- BARONA, J. L. (1994), *Ciencia e Historia. Debates y tendencias en la historiografía de la ciencia*, València, Seminari d'Estudis sobre la Ciència.
- BELTRÁN CORTÉS, F. (1989), *Apuntes para una historia del frío en España*, Madrid, CSIC.
- CALVET DE BUDALLÉS, D. (1862), *Fabricación del hielo. Estudio sobre el sistema de Mr. Carré*, Barcelona, Imprenta de Luis Tasso.
- CHANG, H. (2004), *Inventing temperature: measurement and scientific progress*, New York, Oxford University Press.
- COOPER, G. (1994), «Custom design, engineering guarantees and unpatentable date: The air conditioning industry. 1902-1935», *Technology & Culture*, **35**, 506-536.
- CORELLA SUÁREZ, P. (2004), *Tradición e innovación en la industria del frío: de los pozos de nieve a las fábricas de hielo*, Madrid, Imprenta Municipal.
- CORRETGER, J. M. (1984), *Breve historia del frío industrial*, Girona, Universitat Politècnica.
- KRAGH, H. (1989), *Introducción a la Historia de la Ciencia*, Barcelona, Crítica.
- LABOULAYE, M. C. (1874-1875), *Dictionnaire des arts et manufactures et de l'agriculture*, París, Librairie du dictionnaire des arts et manufactures, 4 vol.
- LHÉRITIER, L. (1875), «Appareil Carré, pour frapper les carafes», *La Nature*, **108**, 26 de juny de 1875, 49.
- PERARNAU LLORENS, J. (2006), «Els coneixements científics sobre la producció del fred artificial al segle XIX». A: *Actes de la VIII Trobada d'Història de la Ciència i de la Tècnica*, Barcelona, SCHCT, 461-466.
- PERRET, A. (1904), *Les machines a glace et les applications du froid dans l'industrie*, París, Bernard.
- PUIG NEGRE, R. (1935), *Manual práctico de frío*, Zaragoza, Tip. La Académica.
- VIDAL ROS, J. (1918), *Refrigeración. Compendio sobre el frío industrial*.

Fragments dels apunts del crèdit 2: Instal·lacions de processos tèrmics.

7. PSICROMETRIA

La psicrometria

(*psycros* = fred, *metria* = mesura) és el conjunt de metodologies per mesurar la humitat de l'aire. Aquest nom prové de l'aparell anomenat psicròmetre que va ser utilitzat per primera vegada el 1820 per mesurar la humitat de l'aire. El psicròmetre constava de dos termòmetres un dels quals tenia la bola embolicada amb un drap mullat amb aigua. La diferència de temperatures entre els dos termòmetres permetia mesurar la humitat relativa de l'aire.

7.1. Composició de l'aire:

La composició de l'aire va ser determinada per primer cop el 1774 per Lavoisier (1743-1794) el qual va afirmar que contenia 1/5 part d'aire eminentment respirable que es va anomenar *aire vital* (avui es denomina oxigen) i 4/5 parts d'un gas que no ajudava a mantenir la vida que es va anomenar *àzoe* o *mofeta* (avui es denomina nitrogen). El 1790 el científic català Antoni Martí i Franquès va donar uns resultats més precisos en una memòria que va llegir a l'Acadèmia de Ciències i Arts de Barcelona:

así en invierno como en verano, ya en la primavera, ya en el otoño y en cualquiera estación del año en todos los meses, en muchísimos días y en diferentes horas de ellos he hallado, que el aire de mi patria, tomado en paraje descubierto se componía siempre de 21 a 22 partes de aire vital, y de 78 a 79 partes de mofeta.

Els treballs de Martí Franquès van tenir ressò internacional i la seva memòria va ser publicada en diverses revistes científiques de França i Anglaterra.

El primer refrigerant que es va utilitzar va ser l'èter sulfúric, però presentava dos inconvenients: era tòxic i a més era inflamable. Per això es van buscar altres alternatives que comportessin menys riscos. Així:

1866, Charles Tellier va patentar l'èter metílic.

1866, P. J. van der Weyde va patentar un altre fluid mescla de petroli, nafta i èter al qual va posar el nom de *Chemogene*.

1872, D. Boyle va patentar el primer compressor d'amoníac (NH₄).

1876, C. Von Linde va construir-ne el primer. Gràcies als seus treballs, l'amoníac va esdevenir durant molts anys el fluid refrigerant més utilitzat.

També es van fer assaigs amb altres fluids per utilitzar-los com a refrigerants:

1866, Tadeus S. C. Lowe va utilitzar el biòxid de carboni (CO₂).

1874, Raoul Pictet va utilitzar el biòxid de sofre (SO₂).

1878, Vincent va assajar el clorur de metil (CH₃-Cl) i la companyia Crespin&Marteau va construir un compressor adequat a aquest fluid.

A principis del segle xx la producció de fred estava ja implantada i les aplicacions industrials més habituals eren: la fabricació de gel, les indústries de la cervesa, les de la llet i les de la carn. A més s'aplicava també al transport d'aliments i al seu emmagatzematge. Quedava encara per desenvolupar-se la refrigeració domèstica i la climatització dels locals públics i privats. Un dels inconvenients que existia era el grau elevat de toxicitat i inflamabilitat dels refrigerants. Per això calia trobar-ne de nous que fossin menys tòxics i més segurs.

1922, W. H. Carrier i R.W. Waterfill van patentar el dicloroetilè (R1130).

1930, Thomas Midgley va desenvolupar el refrigerant R-12 per aplicar-lo a neveres domèstiques. Així van començar a utilitzar-se els clorofluorocarburs (CFC). Aleshores els CFC semblaven uns fluids inofensius i molt estables. Aquesta troballa va permetre el gran desenvolupament de les aplicacions de refrigeració domèstica i de climatització de locals que va tenir lloc en les dècades de 1950 a 1970.