

# La prehistòria de la informàtica: Antecedents històrics de l'ENIAC (1946)

Ton Sales

## 1. PRÒLEG METODOLÒGIC: SOBRE LA "HISTÒRIA DE LA INFORMÀTICA" COM A NOVA CIÈNCIA I/O ACTIVITAT

La màquina que coneixem variadament com a *calculador*, *ordinador* o *computador* ha tingut la rara fortuna d'interessar els historiadors més aviat que cap altre objecte o fenomen. Han hagut de passar més de cent anys perquè les velles andròmines de la nostra revolució industrial hagin merescut la benevolència dels erudits i arqueòlegs amateurs, i encara no ha arribat l'hora de veure les venerables berguedanes i selfactines en un museu. I en canvi vet aquí que regularment, quan corre la veu que un prediluvià monstre del càlcul electrònic és a punta de desballestament, tot un seguit d'institucions benemèrites acudeixen a reclamar-lo, reconstruir-lo i hostatjar-lo a les sales d'algun Science Museum perquè els escolars puguin admirar la increïble paciència dels programadors-electricistes de la informàtica heroica.

No sols es recullen els vetustos ancians electrònics en museus. També s'invita els sants fundadors de la computació amb el motiu de qualsevol congrés de l'ofici, i se'ls fa recitar una vegada més la famosa aventura de quan van inventar el Fortran, o de quan van adonar-se que un registre era un registre-index, i coses així. I també, no se sap per quin raó, ha aparegut un nou espècimen (en aquesta professió ja tan plena de personatges): el remenador professional de revistes, l'entrevistador d'herois supervivents, l'arqueòleg de sistemes; en suma, allò que promet ser l'"historiador informàtic". Perquè la *Història de la Informàtica* (així en majúscules) ja existeix; ja ha tingut el seu primer congrés, ja té la seva primera revista, aviat tindrà les primeres tesis doctorals.

No se sap si aquest original fenomen es deu a un sentit de la història sorprenentment egregi dels informàtics o a un desig superbiós d'elevat l'anècdota a la categoria històrica, o potser a una transcendentalització prematura de l'activitat de fer i vendre màquines. Es podria aventurar com a explicació que aquesta història deu ser una de les poques en què es pot ser alhora espectador i participant, fabulador i heroi. Sigui com sigui, veure la delectació amb què els Sigfrids o Santjordis de la informàtica recorden les seves fetes s'ho ben val.

Com a antecedent del fenomen cal citar les obres de divulgació, in comptables, de la informàtica. O els capítols introductoris dels manuals (també in comptables). Tots, si fa no fa, expliquen la mateixa cosa: Jacquard inventa la fitxa perforada, Babbage inventa un ordinador cent anys abans que fos hora, després ve en Hollerith amb un simulacre de calculador en forma de centraleta de telèfons; i així tot. El lector, la quarta o cinquena vegada que llegeix això, es demana quina rara afinitat tenien aquests homes que feia que un funcionari cadastral de Buffalo sabés d'un senyor de Lió, inventor tèxtil, que havia viscut 80 anys abans aparentment

sense deixar rastre; o per quin canal subterrani s'havia filtrat la màquina de Babbage perquè cent anys més tard Aiken hi ensopegués (Aiken sol ser el quart de la sèrie). La cosa continua a partir d'aquí ordenadament i sense problemes fins a la segona o tercera "generació", on la història habitualment s'atura.

En aquestes circumstàncies, un cop llegida una dotzena de permutacions de la mateixa història el lector informàtic de bona fe se sent sorprès de saber, si ho llegeix en alguna revista del ram, que el Sr. Mauchly ha perdut els drets a la seva patent perquè l'ordinador no el va pas inventar ell sinó, diu el veredicte, un andònim Mr. Atanasoff. O que la ferrita no la va trobar el senyor Forrester (com diu la consagració oficial) sinó un senyor Wang (que a hores d'ara es dedica als minis de sobretaula). O que Von Neumann no ho va inventar pas tot. O que, ja de bon començament, hi va haver tota una florida de màquines, d'imprecisa situació cronològica, amb els noms implausibles de Binac, Swac, Ordvac, Maniac, Johnniac, per no citar els meteorològics Cyclone, Hurricane, Whirlwind (remolí), o els mitològics Colossus, Atlas, Titan, o els poètics Zephyr i Larc (alosa), o els impronunciables ASSC, SSEC, TX-2, AN/FSQ-32, o els simplement extravagants Datatron, Bizmac o Mobidic. Davant una tal afluença, gairebé gernació, el sorprès llegidor de digests històrics pot arribar a creure que hi hagué un temps en què hi havia tants calculadors diferents com informàtics practicants, o a dubtar que la història dels ordinadors tingui algun sentit.

En aquestes condicions, un fil conductor creïble o un esquema unificador realista es fan de mal trobar. Tanmateix, la qüestió que apareix clara llegint la història de la informàtica és que ha arribat l'hora de revisar-la, o de refer-la. I no sols per la petrificació creixent que ha sofert aquesta història estàndard sinó per la manca de perspectiva crítica o simplement dinàmica. És ben tradicional l'alegria anglo-saxona a l'hora de reportar fenòmens econòmico-socials que puguin explicar o aclarir els fets narrats. I doncs, enlloc no es parla, ni per juxtaposició, de la feina dels militars i del seu important i mai no desmentit protagonisme informàtic; i això tot i essent els procreadors de coses tan aparentment poc militars com els actuals mètodes de "management" (o almenys d'una bona pila) o el pobre Cobol. Tampoc no es parla gaire de la (gran) influència dels successius projectes de la NASA, o de l'expansió informàtica padrinejada per la gran empresa, especialment la multinacional (que deu moltíssim, potser més que a cap altra cosa, a la famosa màquina dels informàtics). Qualsevol intent de reconstruir el relat haurà doncs de comptar amb una òptica de partida diferent. L'actual interès per la *història informàtica* de què parlàvem tot just començar, fornint nous materials i millorant la perspectiva, hi dona sens dubte una bona ocasió i ajuda.

A risc de fer-ne un gra massa, en les ratlles que segueixen hem provat, sobretot, d'insistir sobre el context (n'hem potser de dir *background*?) d'aparició de cada cosa, sobre l'aspecte militar, comercial, etc. —i no sols el tecnològic—, i

sobre el *món mental* i l'*horitzó d'expectatives* en què operava o a què donava lloc. Perquè hi ha un costum excessiu a plantejar-ho tot com una tirallonga d'invencions de contingut només tècnic i actuant en el buit, i això no és versemblant ni afavoreix la comprensió de com i per què les coses van anar d'una certa manera.

Abans de començar, deixeu-nos dir encara dues coses. La primera és que la informàtica ha estat caracteritzada *sempre* per unes expectatives fora mesura, una tendència al desbarrament, l'extrapolació fàcil i la futurologia entusiasta i gairebé religiosa. Avui costa de creure que els primers ordinadors fessin desvetllar, malgrat llur bast primitivisme, unes creences en la "intel·ligència mecànica" i l'alliberament social tan fortament sentides i, sobretot, que s'hi cregués com a realitzacions materialitzables l'endemà mateix. Algú potser tindrà la temptació de somriure com si parlàvem de coses superades, però no oblidéssim pas la de bestieses que es van arribar a dir només fa deu anys sobre els sistemes d'informació a direcció o l'empresa integrada, o les que s'han dit sobre llenguatges de programació (*el llenguatge del futur*, recordeu la frase?) o sobre bases (i "bancs") de dades, o les rucades que devem estar dient ara mateix sobre la "revolució" dels micros (i ja que en parlem, quantes "revolucions" hem degut fer ja?). Un exemple: l'any 1972, quan ja érem suposadament madurs, C. Lester Hogan, president de la Fairchild Camera i doncs home a suposar amb sòlids i realistes coneixements de la matèria, deia: "Les nostres tecnologies actuals ens donaran, els anys vuitanta, una setmana laboral de vint hores" (*Communications of the ACM* del Juliol); i no és solament que aquest senyor parlés sense sospitar gens ni mica la crisi i el desfeinament general que ens venia a sobre (de fet, tampoc no podia preveure quina importància tindrien els micros) sinó que il·lustra sobre la nostra loquacitat incontinent, com si tractar amb màquines electròniques ens donés alguna clau de saber el futur. Si res de clar hem pogut aprendre els informàtics de la nostra història, això és probablement com és de fàcil equivocar-se: pensàvem que tot seguit podríem traduir automàticament unes llengües en altres, fer biblioteques electròniques, suprimir els mestres, controlar totalment processos industrials, reunir i integrar qui-sap-les dades sobre qualsevol cosa per a ser consultades com si res per un no-professional (i a casa seva!), i així sense fi, per anar a raure en el convenciment actual de com són de complicades les coses aparentment simples, o com era de gran la nostra ignorància (o supèrbia).

La segona nota que volfem afegir és que, quan ens atensem molt al present (p. ex. 10-20 anys), la història de la informàtica no té gran cosa d'objectiu, en el sentit que la informació no té un origen neutre i els fets no són mai prou —o no ho són gens— verificables.

L'estat dels nostres coneixements sobre què va passar, i com, és fortament condicionat per la disponibilitat dels documents i per la política dels afectats (generalment empreses) de deixar saber allò que es vol, o de donar una versió escaient als interessos que defensen a curt termini. I no és sols que gran part del material és secret —sense obligació ferma de fer-lo públic en prescriure— o que, per tot, hi apareix la manipulació propagandística de la informació. Es tracta del fet que la documentació, quan surt a la llum, ho fa sovint en plets judicials on allò que juga no és l'aclariment dels fets o el sentit de la història sinó merament la defensa d'una particular versió que permeti la conservació o arrabassament de patents. És justament així com hem sabut algunes coses (amb la paradoxa de trobar-nos amb advocats pledejants de grans companyies actuant com a historiadors involuntaris, recercant per exemple l'"autèntic" inventor de l'ordinador, etc.). El lector actual d'històries informàtiques farà bé doncs de posar tot allò que llegeix en un higiènic i saludable dubte, si més no provisionalment.

## 2. ELS ESFORÇOS PARAL·LELS: CALCULADORA, ANALITZADOR I CALCULADOR

L'objectiu ha estat present al llarg dels darrers tres segles (mitjan s. XVII fins avui): *calcular sense errors*. La

motivació ha anat variant: captació d'impostos, càlculs astronòmics (essencials a la navegació marítima) o científics, recomptes cadastrals, comptabilitat estatal o empresarial, estadístiques actuàries, etc. Totes aquestes necessitats les anem retrobant al llarg de la nostra història amb una presència obsessiva i creixent que forneix l'impuls bàsic cap a la solució: el càlcul per procediments mecànics i, si és possible, automàtics. Aquesta direcció de recerca ha donat històricament tres resultats independents i pràcticament successius: 1) la *història de les calculadores* (1623-1899), 2) la *història dels calculadors analògics* no electrònics (1876-1946) i 3) la *història dels ordinadors* (enllà de 1946, si bé amb antecedents a comptar del 1806).

Cada una de les tres històries, de resultat acumulatiu, forma una línia de recerca autònoma i dona un producte tecnològicament acabat i complet. Bé que el nostre interès està en la tercera, comencem amb una breu ressenya de les dues primeres per tal com es presentaran, en la nostra història, com una solució alternativa als problemes del càlcul automàtic, potser insatisfactòria o limitada, però tècnicament factible i provada.

### 2.1 La calculadora

Les CALCULADORES o MÀQUINES DE CALCULAR comencen la seva carrera a primers del dissetè segle. No que sorgissin del no-res, sinó que els progressos de la mecànica van donar serietat als intents. La calculadora, en el fons, no era altre que una mecanització del vulgar i modest àbac, de mil·lenària tradició i funcionament satisfactori (almenys fins a l'empenta comercial italiana del quattrocento), però amb rodes en lloc de tiges, permetent el transport entre xifres. *Leonardo da Vinci* hi havia pensat, i una reconstrucció feta a partir d'un seu còdex el 1967 ens mostra una capsula contenint set rodes amb un dispositiu de ròsec en cadena (penseu en els comptaquilòmetres d'avui); era una simple provatura, i un il·lustre exemple d'allò que sens dubte desenes de mecànics intentaven. El primer èxit de què tenim coneixement és el de WILHELM SCHICKARD, astrònom de Tübingen amic de Kepler, que el 1623 va construir una calculadora que al fet de ser la primera coneguda afegeix uns trets sorprenents: sis rodes (= xifres significatives) feien d'acumulador mentre sis altres, desconnectades, feien de "memòria" (insospitat precedent); a més, un dispositiu especial (una taula) li permetia de multiplicar. La màquina, de la qual no sabíem res fins fa ben pocs anys (1957), hauria humiliat Pascal si n'hagués sentit a parlar. BLAISE PASCAL, en efecte, va construir el 1642 (als 19 anys) una màquina només sumadora, aparentment la primera de la història; era el seu enèsim intent, i sempre s'explica que havia estat motivat perquè el pare, recaptador d'impostos, passava massa temps tancat a casa sumant els tants recollits i no podia sortir a jugar a la *paume* amb el Pascal infant. La sumadora definitiva, anomenada *machina arithmetica*, va ser acabada el 1645; sabia sumar i restar i se'n van vendre unes quantes. (Les que ens han arribat fins avui demostren que el mecanisme no era pas gaire fiable, però.)

No se sap si per l'estat esperançador de la tecnologia mecànica o en part pel prestigi de Pascal, a comptar de mitjan segle hi ha una certa acceleració: SAMUEL MORLAND fa, el 1666, una sumadora-restadora (de moneda anglesa) i més tard una multiplicadora, sembla. És el 1671 quan LEIBNIZ comença, intentant superar la màquina de Pascal, una màquina de calcular amb multiplicació per suma iterada; les dificultats mecàniques, especialment l'absència de mecanismes disponibles de la precisió i disseny exigits, el duen a fer-se ell mateix els engranatges, els pinyons escalats i altres peces que li manquen, i el 1694 deixa enllestida la seva *calculadora universal* (quatre operacions). Tot i haver-hi reeixit, el seu giny no serà copiat ni comercialitzat de moment per bé que les necessitats de l'època siguin prou pressants per exigir-ne l'ús immediat. Com passarà més endavant amb Babbage, la tecnologia del moment no permetia construir la màquina a un cost raonable (i fiabilitat adequada) i caldria esperar, amb el segle XIX, la superació de l'artesanat com a forma de producció. És notable que la construcció de la màquina de Leibniz vagi aportar dues contribucions inesperades: un pas endavant en el coneixement de les tècniques de la mecànica de precisió (fenomen que retrobem en Babbage) i la idea, ocorreguda a Leibniz vers 1679,

que una notació *binària* dels nombres simplificaria força, si s'emprava, la construcció d'una calculadora. En realitat, Leibniz era només l'exemple més conspicu de tota una multitud de noms que anaven darrera la utòpica i necessària calculadora: citem-ne alguns: Grillet 1678, Poleni 1709, Lepine 1725, Leupold 1727, Poetius 1728, Hilleran de Boistissandau 1730, Gersten 1735, Pereire 1750, Hahn 1770-74, Stanhope 1775-78, J. H. Müller 1783 i C. X. Thomas 1820. Per si això pot donar idea de com era de sentida la necessitat d'aquesta màquina (i com de sovint apareixia qui provava de construir-la) direm que, només de màquines tipus Leibniz (és a dir, amb la roda escalada que ell va inventar i que a partir de Hahn tothom va imitar), s'ha calculat que se n'han construïdes unes 1.500!

Les màquines de Stanhope (dites *Demonstrator*) i, sobretot, la de l'alsacià CHARLES XAVIER THOMAS (director d'una companyia d'assegurances) són els exemples més prometedors de màquina tipus Leibniz (avui anomenada *aritmòmetre*) construïble a escala industrial i baix cost. Després de millores successives durant el següent mig segle, la segona se situa inesperadament a l'arrencada d'un procés ràpid que en els trenta anys que van de 1870 al 1900 deixa la CALCULADORA completa i a més la comercialitza a preus molt assequibles, mai abans no imaginats. El procés té especial rellevància als USA, on el producte s'industrialitza més aviat que enlloc i on n'apareixen derivats imprevistos (que citarem més avall). L'americà BALDWIN construeix el 1872 una màquina pròpia i tres anys després patenta l'anomenada "roda Odhner". És la prefiguració de la clàssica calculadora de sobretaula amb maneta lateral que enllà del 1910 comercialitzaran diversos fabricants els més coneguts dels quals són probablement *Monroe* i *Brusviga*. Un intent fins a cert punt paral·lel duu a la multiplicadora directa (per taula, no pas iteració), màquina concebuda el 1887 (als 18 anys) per Léon Bollée, un altre prodigi francès (com Pascal) i industrialitzada, amb patents de l'alemany Steiger, pel suís Hans Egli amb el nom de *Millionaire* (1899).

El tombant de segle veurà la florida de marques constructors i d'usuaris de la CALCULADORA, nova màquina compacta i fàcil d'usar que silenciosament revoluciona el càlcul, el fa pràctic i econòmicament assequible i el resol tan definitivament que ningú no sentirà la necessitat de superar-la fins a ben entrada la 2<sup>a</sup> guerra mundial. Naturalment, hi ha adaptació tecnològica: els dispositius mecànics esdevenen més suaus i eficaços, de vegades fins i tot electromecànics. Però cal recordar que encara el 1943 els dissenyadors de l'ENIAC (el primer calculador electrònic) no pretenien altra cosa que fer una calculadora (de sobretaula) molt més ràpida, amb circuits electrònics en comptes de parts electromecàniques. Tal era la utilitat i estabilització de disseny de la vella màquina que ni els seus superadors pensaven a superar-la. En efecte, trobem calculadores en tots els camps del càlcul, barates i funcionant a satisfacció: en trobem que calculen estadístiques actuàries (per a assegurances de vida), taules matemàtiques de tota mena, tabulacions astronòmiques... Les trobem en tots els departaments de comptabilitat, a les empreses, a l'Administració de l'Estat, al cens, calculant trajectòries balístiques de noves armes o astronòmiques de cossos celestes, etc. Només en un camp científic molt restringit no tindrà el monopoli total: la simulació de sistemes i la resolució d'equacions diferencials, en què s'usaran —i no abans de 1930— grans màquines analògiques.

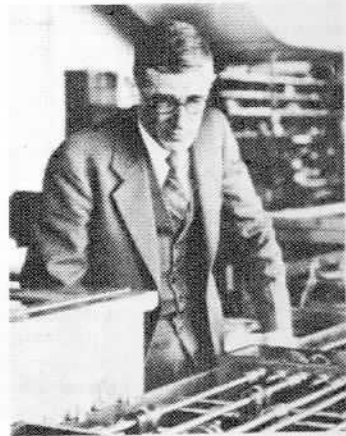
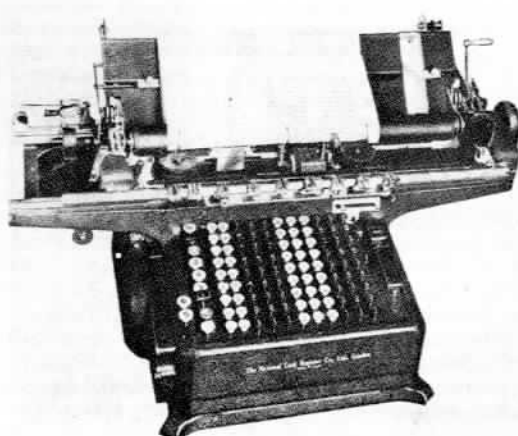
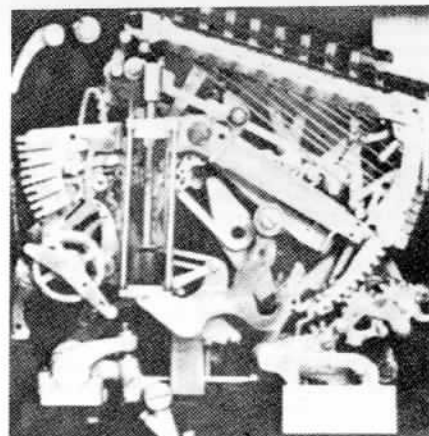
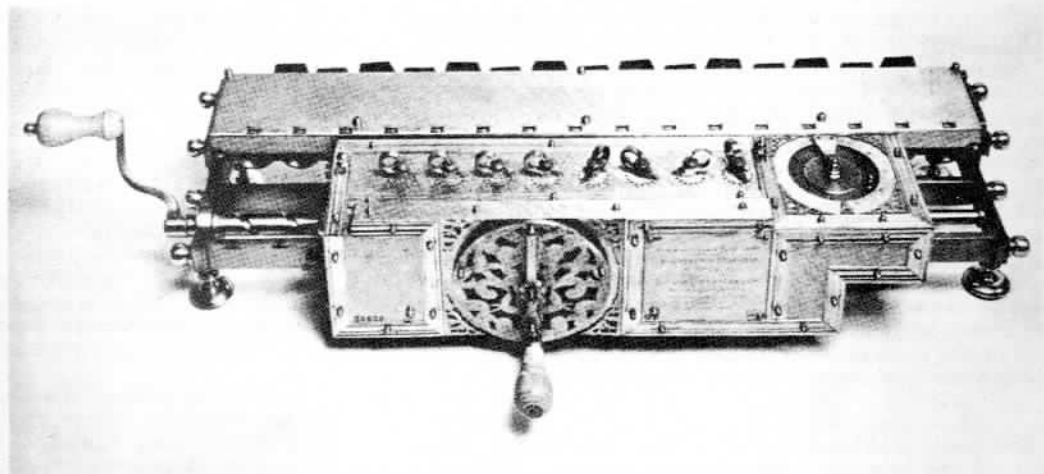
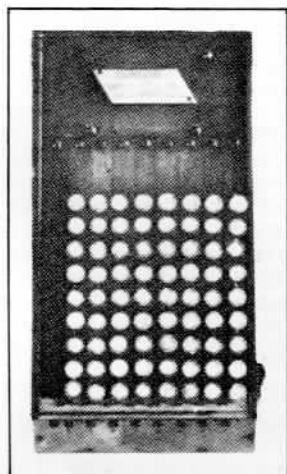
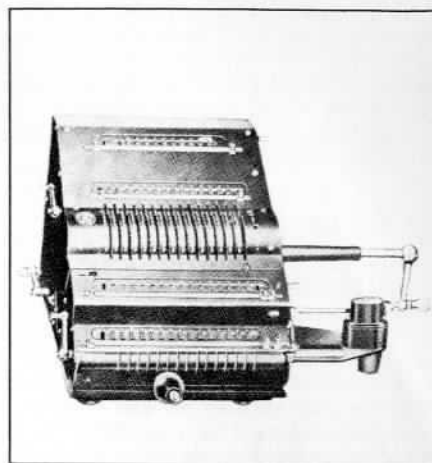
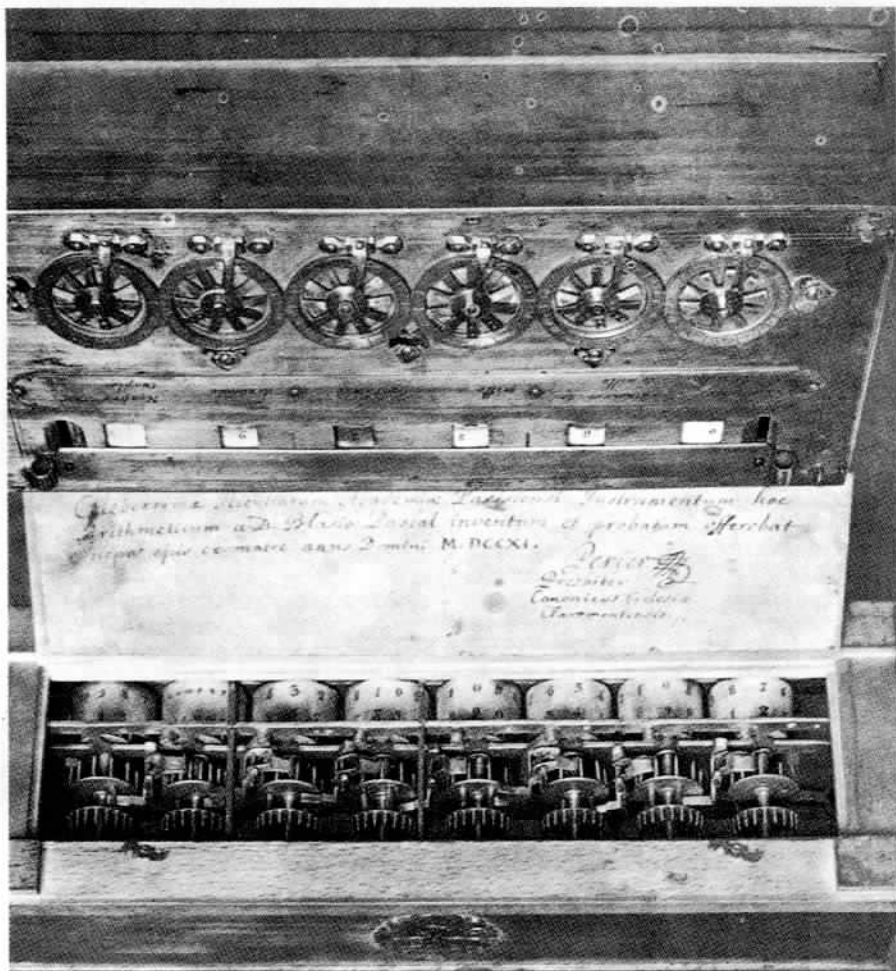
A la llarga, només l'ordinador acabarà superant la calculadora, i no per una qüestió de velocitat sinó d'automatisme. En efecte, en les calculadores mecàniques no ha estat pas la velocitat de càlcul allò que ha preocupat històricament els calculistes sinó, primàriament, la fiabilitat, i, a mesura que aquesta ha anat augmentant, la concatenació d'operacions (humanes) a fer entre càlculs parcials. I tot i la preparació expressa de "programes" detallats de càlcul, és aquí on s'acaben localitzant els errors. El problema, vital en certs casos en què el programa és realment complicat (per exemple en els càlculs d'equacions diferencials de naturalesa astronòmica o balística), ha estat un dels estímuls clau que ha empès cap a l'automatització de la seqüència de càlcul; aquest fenomen (un cas semblant —i precoç— del qual veurem en Babbage) és el que observarem en Comrie el 1929 i en Stibitz (i següents) del 1937 endavant.

Abans de deixar la calculadora, resulta curiós de veure la fecunditat d'aquesta màquina a produir derivats. Des de la sumadora proveïda de teclès, que es remunta a D. D. Parmalee el 1850 però no es resol definitivament sinó el 1887 pel també americà Dorr Felt amb el seu Comptometer, al "registre de caixa" (una sumadora de teclès amb expulsió de caixa) que, inventada per James Ritty el 1879 i comercialitzada implacablement —des del 1884— per John Patterson, inaugura la prodigiosa indústria de les *caixes registradores* que envaeixen els *drugstores* i *hardware-stores* que omplen Amèrica i que faran de l'empresa de Patterson, la *National* (la nostra vella coneguda NCR), pràcticament un monopoli a tombant del segle. Dos altres derivats, la importància dels quals no serà evident fins més endavant, són la sumadora-impressora creada per William Burroughs el 1884 i la "màquina de comptabilitat", una sumadora amb totalització sobre carro tabulant, introduïda per Charles Kettering i venuda per la National amb gran èxit després de la primera guerra.

## 2.2 L'analitzador diferencial (o calculador analògic)

La segona història l'enceta a Anglaterra, el 1867, la British Association (cofundada per Babbage, com veurem) que, amoïnada pel problema de la predicció de les mareas (d'importància evident per a la navegació), va nomenar un comitè d'estudi que incloïa el futur Lord Kelvin i que va proposar finalment una màquina predictorà, arquetip de les moltes que des d'aleshores fins fa pocs anys han complert fidelment, i precisa, la funció de simular els vaivens de l'aigua. El "tide predictor" és el primer cas notori d'analitzador harmònic, el més important del qual, d'ús universal (no especialitzat), és probablement el construït per Michelson i Stratton el 1898, capaç d'analitzar una funció en sèrie de Fourier de 80 termes. L'analitzador harmònic és un dels innombrables ginys, com els planímetres i integradors de tota mena, concebuts per matemàtics per tal de resoldre còmodament diferents tipus d'equacions diferencials. El 1876 James Thomson, germà de l'esmentat Lord Kelvin, construeix un integrador mecànic que aquest últim presenta a la Royal Society acompanyant-lo d'una memòria on explica el principi general de la màquina, que anomena ANALITZADOR DIFERENCIAL i que, com el predictor de mareas, reproduïx les variacions d'una magnitud mitjançant el paral·lelisme (analogia) amb una altra caracteritzant el seu funcionament intern. La veritat és que la precisió esperable dels dispositius mecànics era baixa i els càlculs en patien els errors fins a esdevenir inútils, al més sovint; ni parlar-ne, doncs, de fer calculadors aplicables a qualsevol funció, com Kelvin proposava. Com en les altres dues històries, un cop més la idea s'havia avançat a les possibilitats de realització, i calgué esperar que la tecnologia fornís la precisió requerida. L'analitzador diferencial mecànic més sofisticat construït mai és probablement un complex dispositiu de localització i estimació (i manteniment) de la distància per a canons navals fabricat en gran escala durant la primera guerra mundial per la Ford Instrument. Eficaz, però difícil de fabricar i de mantenir (amb desajustaments crònics), representa el cant del cigne dels analitzadors mecànics; il·lustra, però, la tradicional associació d'aquestes màquines amb l'artilleria.

El primer símptoma de canvi en aquest terreny el dona l'ús de l'electricitat en un "simulador de circuits" construït per la General Electric el 1920 i que, tot i la modestia del nom, és el primer analitzador diferencial no mecànic. Uns anys més tard, l'americà Vannevar Bush inicia la construcció d'una sèrie de màquines que s'interromp amb la guerra. Són els primers *analitzadors diferencials* electromecànics, en què, en els darrers models, la precisió de les magnituds mecàniques s'assegura per controls i amplificadors electrònics molt precisos. Invent essencialment universitari, la fama d'aquestes màquines s'escampa entre els militars durant la guerra. Se'n construeixen variants per calcular (simular) trajectòries de projectils o d'objectius en vol, i comença a surar la idea de miniaturitzar-ne alguns per incloure'ls en avions, o fins i tot en els mateixos projectils, i adreçar-los al blanc en temps real. Idea, aquesta, totalment fallida, perquè els *calculadors analògics* com ara se'ls coneix (ja n'han aparegut els primers de digitals) tenen una obsessiva tendència a ocupar un excés de metres quadrats i, per exemple, a fer sorolls que recorden huracans (per la marxa simultània dels motors) i que expli-



quen els noms que duen les màquines (REAC *Cyclone*, RCA *Typhoon*). Més enllà de la guerra aquesta mena de besties electròniques no podran resistir la competència dels nous calculadors digitals. Alguns s'especialitzaran per encabir-se en caps de projectil, segons el somni militar; d'altres es transformaran en els *calculadors analògics* quasi totalment electrònics que hem conegut més tard usats sobretot en simulació i en aplicacions militars, en guiatge de projectils i càlculs híbrids.

### 2.3 El calculador

La tercera història, la dels CALCULADORS DIGITALS o ORDINADORS, no comença fins a la darrera dels anys 1930. Aquesta línia té, però, il·lustres antecedents que convé explicar i que fet i fet remunten a més de 100 anys abans. Es llavors, tot just encetat el segle XIX (el 1806), quan JOSEPH-MARIE JACQUARD patenta un teler controlat automàticament per una successió contínua de targetes perforades prèviament. De fet la motivació de Jacquard va ser més aviat la del propietari d'una empresa tèxtil amb necessitat d'estalviar mà d'obra que no pas la d'inventor pur (si això existeix). D'altra banda, la idea de la sèrie de targetes amb perforacions per controlar diversos mecanismes era relativament antiga ja llavors dins la indústria tèxtil (es deu a B. Bouchon i a M. Falcon el 1725 i 1728 respectivament) i deriva remotament dels mecanismes dels rellotges musicals medievals. Val a dir que el principi de la fitxa perforada es va estendre aviat a totes classes de dispositius mecànics, el més conegut dels quals és potser la pianola. En tots ells, les targetes anaven sempre unides les unes a les altres i plegades en forma d'acordió. Molts homes del s. XIX en van veure algun exemple al llarg de la seva vida, cosa per la qual no resulta gens estrany que trobem la mateixa idea en els dos següents personatges: Babbage i Hollerith.

## 3. ELS ANTECEDENTS

### 3.1 Babbage

CHARLES BABPAGE (1791-1871) va ser sempre essencialment un científic interessat pel càlcul. És, entre altres coses, l'autor d'unes taules de logaritmes molt precises publicades el 1827. Cal no oblidar que la seva era una època amb grans necessitats de càlculs: la navegació marítima depenia de la precisió de les taules astronòmiques, la validació d'una teoria científica depenia de l'exactitud d'un càlcul generalment realitzat en taules matemàtiques, les empreses d'assegurances i la Corona britànica exigien mitjans de tabular estadístiques, etc. I junt amb això l'època es ressentia de la falta d'un instrument adequat de càlcul: qualsevol còmput exigia el concurs de calculistes (llavors anomenats "computers", a Anglaterra) i el resultat era d'una fiabilitat anormalment baixa: les taules anaven literalment plenes d'errors, d'altra banda difícils de detectar, i a més qualsevol recàlcul era inviable per lent.

La idea de confegir càlculs mecànicament s'ocorregué a Babbage ja el 1812. De fet la necessitat era pressant i la idea era implícitament compartida per certs astrònoms. Fou Babbage qui provà de realitzar una màquina que fes càlculs automàticament pel mètode usual de les diferències, que permetia reduir la calculació d'un polinomi (i doncs, de qualsevol funció analítica) a sumes i restes a partir d'unes quantes constants trobades prèviament. Una versió a escala fou presentada a la Royal Society el 1822; podia calcular funcions de segon grau amb una precisió de sis xifres i imprimir directament els resultats a raó de 44 xifres/minut. Era la primera *màquina de diferències* de Babbage i, bé que no era útil per la poca precisió, va ser guardonada amb una medalla d'or i l'autor amb una subvenció del govern de 1.500 lliures per construir-ne una altra a escala més gran. La segona (i última) *màquina de diferències* de Babbage l'ocupà durant els següents 10 anys (1823-33). Li costà interrupcions, males enteses amb el govern i, finalment, la paralització del projecte. Les passades de pressupost foren constants i retragueren l'ànim subvencionador del govern, que abandonà el seu patrocini quan ja havia despesat 17.000 lliures... a les quals cal sumar-ne unes al-

tres 20.000 avançades per Babbage, que dona vora les 40.000 lliures (equivalents grosso modo a un mig milió de dòlars US actuals), que no és potser tan excessiu com va semblar a l'Almirallat britànic.

Si bé les màquines de diferències no són el precursor directe dels ordinadors, la màquina que Babbage va deixar a mig fer tenia característiques notables: calculava funcions de 6è. grau amb una precisió de 18 xifres, arrodonia automàticament els nombres per evitar l'acumulació d'errors, podia fer càlculs (de 3er. grau) amb doble precisió (30 xifres), tenia un dispositiu de detecció d'errors (que bloquejava la màquina) i un altre d'avís en cas de repetir-se un nombre especificat de cicles, i actuava directament sobre impressora o buidadora d'estereotips (per a impressió posterior de les taules).

Durant l'atribolada construcció de la màquina de diferències, i especialment quan en va perdre els esquemes i dibuixos, Babbage concebé una màquina possiblement més econòmica de construir i pràcticament universal quant a càlculs executables. Aquesta màquina, que ja no va poder interressar el govern britànic, és un antecessor directe de l'ordinador. Batejada *màquina analítica* (*analytical engine*), era de fet un calculador (mecànic) capaç de fer qualsevol càlcul sempre que li fos indicat per un programa (anomenat *control* per Babbage) enregistrat mitjançant targetes perforades (la sèrie de Jacquard). I si l'entrada (de dades i de programa) era "per fitxa", la sortida era per impressora, per estereotip o per perforadora de fitxes. L'estructura interna de la màquina responia a allò que avui es coneix com a "arquitectura Von Neumann", amb un *control* (el programa en fitxa), una *unitat aritmètica* feta de registres anulars (una roda per xifra significativa) anomenada *mill*, i una *memòria* (anomenada *store*). La concepció funcional és plenament moderna; només la tecnologia, totalment mecànica, és poc adequada. L'ajudant de Babbage, la filla de Lord Byron, Lady Ada Augusta, comtessa de Lovelace, és de fet el primer programador de la història; els seus primers programes, una suma de sèries i un càlcul recurrent dels nombres de Bernoulli, van ser publicats el 1843, així com a comentaris d'aquest estil: "La màquina analítica no pot fer res per ella mateixa. Pot fer qualsevol cosa, però, sempre que sapiguem dir-li com l'ha de fer" (subratllat de l'autora); o també: "El mecanisme de la màquina analítica no ha pas d'actuar necessàriament sobre números. Si, per exemple, l'altura de les notes musicals se li expressava matemàticament, la màquina podria compondre i interpretar fragments musicals".

No s'ha de deduir del fet que Babbage no acabés mai de construir la seva màquina analítica, que el personatge fos un incomprens o que la idea es perdés. Ben al contrari, Babbage fou sempre un científic molt ben considerat en els cercles científics anglesos i fins i tot en el govern. La seva idea, extraordinàriament moderna, fou generalment ben compresa per tothom i restà latent enlairat durant tot el segle que havia de transcórrer per trobar una tecnologia adequada que fes realitzable i encara pràctic el somni de Babbage, que els contemporanis trobaren més car que no pas utòpic.

Car Charles Babbage, personatge força conegut de l'Anglaterra industrial, reformador i progressista, professor de Matemàtiques a Cambridge, partidari de la notació de Leibniz en el Càlcul diferencial, havia partit de la calculadora d'aquest últim especialitzant-la al càlcul de diferències —mètode prou general, d'altra banda— i resolent-ne els principals problemes: l'emmagatzematge dels resultats intermedis i la concatenació d'operacions en el temps. La concepció i la màquina tenen un precedent, el de l'alemany J. H. Müller, inconnegut de Babbage; però la solució del darrer problema citat, la *seqüència*, el dugué molt més enllà que qualsevol contemporani. El perfeccionista Babbage és un personatge interessant per a nosaltres per molts d'altres conceptes. Fundador de l'Astronomical Society i de la British Association ("for the Advancement of Science"), va publicar un opuscle sobre "La decadència de les ciències a Anglaterra" (1830) i un llibre sobre "L'economia de les màquines i les fàbriques" (1832) que va influir molt en els científics socials contemporanis, notablement en Marx, i és precursor dels estudis actuals sobre l'organització del treball i de l'empresa sorgits de Taylor. Babbage prefigura la moderna Recerca Operacional tant per aquest llibre com pels estudis que va fer sobre el funcionament i economia

del servei de correus, de la indústria de fabricació d'agulles o de l'ofici de tipògraf a Anglaterra. A part les seves màquines, és l'autor del primer oftalmoscopi, de la primera taula actuarial fiable (de mortalitats), del primer mesurament dinamomètric de ferrocarril i, per abreujar, també d'un relat autobiogràfic literàriament remarcable (*Life of a Philosopher*, 1864). La seva màquina analítica, que adés deixava adés reprenia, va ser àmpliament comentada i, incidentalment, va contribuir a la tecnologia dels metalls mitjançant estudis que avui són la base de l'actual indústria de les màquines-eines.

A la mort de Babbage, el seu fill Henry va continuar la construcció de la màquina fins a tenir-ne una versió a punt que va ensenyar el 1910 a l'Astronomical Society. El report d'una comissió (de què formava part el matemàtic Cayley) de la British Association encomanada d'avaluar la màquina de Babbage fill el 1878 (per subvenir o no a les despeses) és significativa del sentiment mixt d'admiració i perplexitat que el projecte provocava: després de lloar la traça i els mèrits de (Charles) Babbage, diu que cal no dubtar gens de la utilitat de la màquina no sols per "l'estalvi de mà d'obra en operacions avui factibles" sinó perquè "permetria fer coses que ara són fora de l'abast humà", darrera la qual cosa diu, però, que no sap la manera de fer cap estimació raonable del cost ("probablement de l'ordre de les quatre xifres") i acaba amb concloure prudentment, i desconcernida, que cal estudiar-s'ho més.

Al segle actual l'esforç de Babbage ha estat, si potser no massa divulgat, si força conegut i respectat per científics cultes o interessats en el càlcul. En particular, va influir molt sobre l'anglès Leslie Comrie i els americans Wallace Eckert, Vannevar Bush i Howard Aiken —per citar-ne només alguns— els noms dels quals hem trobat o trobarem en aquesta història respectivament els anys 1929, 1933, c. 1935 i 1937, tots ells homes de gran prestigi i molt influents. Però la màquina analítica va inspirar directament tres continuadors conscients: l'irlandès PERCY LUDGATE a la primera dècada del segle, l'espanyol LEONARDO TORRES QUEVEDO (1852-1936) a la segona i el francès LOUIS COUFFIGNAL als anys trenta. El primer se situa en el mateix terreny tecnològic que Babbage i intenta, com ell, un calculador mecànic; el mèrit de Ludgate és que reinventa o recrea molts dispositius en forma original, però serà generalment desconegut pels contemporanis i ininfluent sobre els successors. Altrament passa amb Torres Quevedo, enginyer i matemàtic de ressò internacional. Torres intenta per primera vegada seguir fidelment l'esperit de Babbage traslladant-lo però a la tecnologia dels relès i construint diversos exemplars de calculadores electromecàniques que presenta a França als anys vint i que vol com a demostracions de factibilitat més que com a màquines analítiques pròpiament (que Torres no va construir sens dubte perquè no en va tenir la necessitat pressant que forneix, per exemple, una guerra). Torres va desvetllar respecte i interès arreu i és abundantament citat per tothom, especialment per Howard Aiken —quan es planteja el 1937 de fer-la ell mateix— com un dels seus il·lustres precursors, en la línia de Babbage.

### 3.2. Hollerith (i Watson)

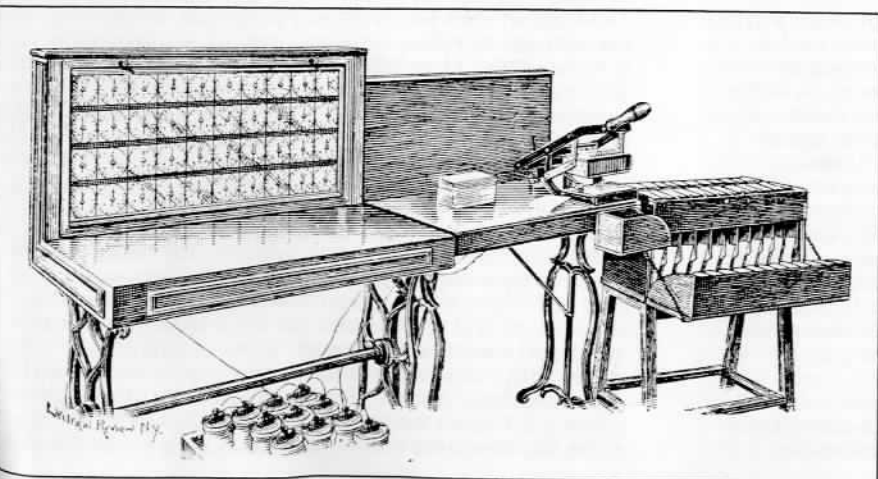
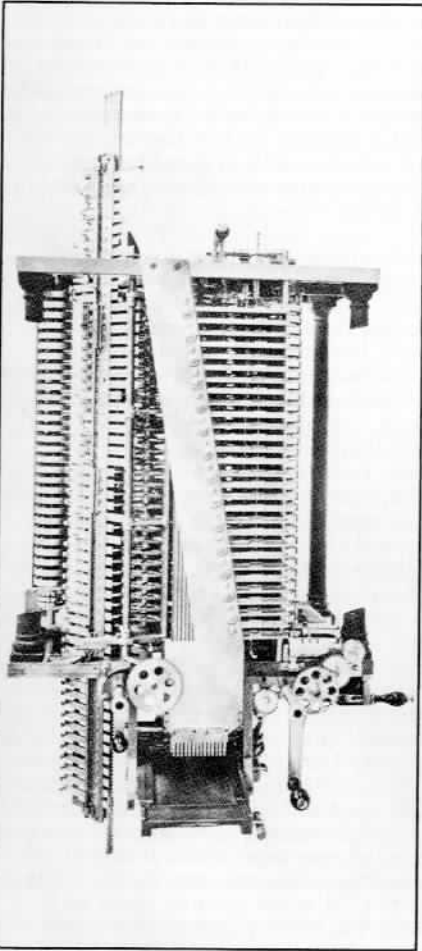
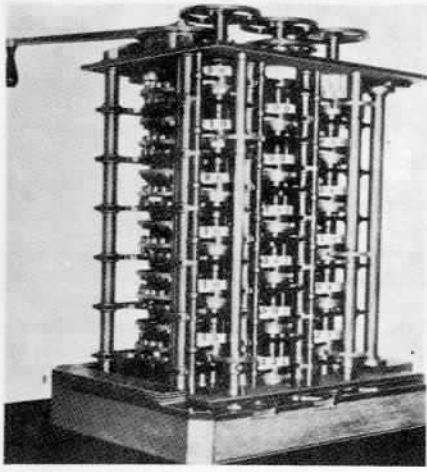
El següent personatge de la sèrie, l'americà HERMAN HOLLERITH (1860-1929), un estadístic de Buffalo d'origen germànic contractat per l'oficina federal del cens (la US Census Bureau) el 1880 (als 20 anys), representa la motivació administrativa tant com Babbage representava la motivació científica. Cal recordar que Hollerith viu en una època i país on les diferents necessitats de càlcul comencen a trobar en la *calculadora* la seva solució bàsica. Hollerith s'acara el 1886 amb un problema concret: el cens americà del 1880 encara no s'havia acabat de processar; això implicava que el cens següent, el del 1890, amb un augment esperable de població de 50 a 62 milions exigiria uns deu anys a processar-se, és a dir que coincidiria amb el cens del 1900 i les dades serien desaprovechades. Cal dir que el cens americà d'aquella època era essencialment classificatori; feia inventaris per districte, sexe, religió, etc., i recollia diverses altres informacions útils, però d'elaboració i confrontació penosa. I la possible presència de calculadores no assuajava pas gaire les coses perquè hi havia relativament pocs càlculs a fer i els errors i les

pèrdues de temps abundaven no calculant sinó acumulant un a un els membres de cada classe, reclassificant i passant els números de la fitxa al full de càlculs i viceversa.

La solució de Hollerith al problema va ser el disseny d'una màquina o, més ben dit, d'un sistema compost d'una lectora elèctrica de fitxes i una unitat tabuladora, a més d'una classificadora rudimentària. La lectora, totalment manual, feia passar les fitxes sobre mercuri i la presència de perforació era detectada per unes agulles que tancaven contactes elèctrics, curiosa i raonable adaptació dels mecanismes controlats (mecànicament) per targetes. Aquestes eren, potser no ho caldria dir, les d'en Jacquard; Hollerith, però, les havia convertides en *fitxes* trencant el tradicional acordió, com li demanava la necessitat d'aïllar cada ítem-habitant en la confortable solitud d'una targeta individualment assequible i independentment consultable. (Això és el que s'ha dit sempre; en realitat, però, les fitxes de tabuladora sembla que no deuen res a Jacquard, que molt probablement Hollerith desconeixia, i si ser merament una adaptació del bitllet de tren que el revisor pica indicant un de dos estats binaris). La màquina o sistema tenia un prodigiós aire de família amb la centraleta telefònica que aquells anys començava a abundar als USA. L'operació essencial era el recull dels resultats acumulats, i el cens hi guanyava en claredat. I no sols en claredat: els errors baixaven en picat. I sobretot en rapidesa: el cens següent, de 1890, va ser fet en menys de tres anys (a comparar amb el pronòstic catastrofista que li'n feia deu). La màquina d'en Hollerith havia fet el miracle. Podent tabular fitxes a raó de més de 50 per minut, assolia la inaudita productivitat de 200 ítems/minut contra els 2 (dos!) per minut habituals del cens fet a mà.

L'invent de Hollerith revolucionà el tractament de dades (administratives) com simultàniament ho estava fent la calculadora al camp dels nombres. Tots dos seran el suport industrial i tecnològic que l'ordinador trobarà creant i fèrtil 50 anys més tard. Les diferents màquines comptables que neixen de la tabuladora electromecànica de Hollerith inauguren una època d'abundància que inundarà les oficines d'estadística, i els ministeris, de "sistemes", és a dir, combinacions diverses de les diferents màquines (perforadores, verificadores, classificadores, intèrprets, intercaladores, reproductores, registradores o tabuladores), totes sobre la mateixa tecnologia. La indústria creada per Hollerith (que el 1896 para empresa pròpia per vendre l'invent a companyies particulars) coneixerà una fortuna singular i acabarà dominada per una empresa monopolista (l'antiga Hollerith, que esdevindrà "IBM") com uns anys abans havia passat amb la National Cash Register en un altre camp. L'empresa de Hollerith és la Tabulating Machine Co. que el 1911, en una estranya operació financera, transmuta en "Computing-Tabulating-Recording" (CTR), rar espècimen d'empresa industrial que ven des d'adobadores de carn i talleformatges (com sona!) fins a rellotges de marcar per a fàbriques i que el 1914 contracta com a director general THOMAS J. WATSON, un purista metodista ex-director de la National (la del monopoli de caixes registradores) que esperava un judici finalment ajornat sobre violació de lleis anti-trust quan era a la seva antiga empresa. Watson imposà als venedors i tècnics de CTR el seu peculiar sentit de la disciplina i moral d'empresa, exercit amb un cert caient místic i paternalista, que trobem després a IBM ("International Business Machines", nom que Watson creà el 1924, als set anys justos d'haver posat casa al Canadà). Els mètodes de venda van ser transplantats directament de la National (on foren inventats per J.H. Patterson, el president i amo de l'empresa) i així aviat els sorpresos usuaris coneixerien un tipus de venedor vestit elegantment, amb un *bouquet* especial IBM i clara consciència de pertànyer a l'empresa perfecta, un venedor altament tecnificat que funcionava amb l'eficaç combustible de la "quota" de fi d'any.

Malgrat l'estretor del mercat, ric però limitat inicialment als governs o grans empreses, aviat aparegué el rival de Hollerith. Fou James Powers, un americà que reeixí a guanyar el 1908 el concurs de renovació de la maquinària Hollerith a l'Oficina del Cens, tot aprofitant els alts preus imposats per Hollerith. Powers també parà empresa pròpia, una tal "Powers Accounting Machine Co." que el 1927 va ser incorporada a la Remington Rand, remot derivat de l'empresa comercialitzadora de la primera màqui-



na d'escriure. Totes dues, IBM i Remington Rand crearen el duopoli de les tabuladores, amb notable avantatge de la primera degut al fet d'instal·lar-se fora del país (per venda de patents o creació de subsidiàries) més d'hora que la rival, i sobretot per una actitud comercial i tecnològica força més agressiva d'IBM. Al voltant seu, només sobreviuran comptades empreses, les concessionàries de patents Hollerith com la British Tabulating (nucli de la futura ICL), o excepcionalment alguna altra com la companyia del noruec Fredrik Rosing Bull, que el 1934 s'instal·larà a França com a "Cie. des Machines Bull".

La indústria de les tabuladores, avui bastant menystinguda, va ser una prefiguració en molts aspectes de la futura indústria dels ordinadors. L'estil de venda, el tipus administratiu d'aplicació, la seva vinculació amb els Estats i empreses gegants com a clients privilegiats, ... tot hi era ja present. Avui és difícil d'imaginar la gran extensió del mercat proveïble de màquines comptables: en els primers vint anys de segle les tabuladores impregnen i monopolitzen la preparació de fulls de ruta de les companyies ferroviàries, les estadístiques actuàries, correlacions i prediccions de les empreses d'assegurances, el registre i facturació de clients dels serveis públics, la nova "comptabilitat de costos" i l'anàlisi de vendes de les grans empreses americanes en general i, *last but not least*, el govern federal americà sobretot a partir de començaments de la 1a. guerra. Tot plegat fa lloc a una indústria aparentment inesberlable que no sols transita pel crac del 1929 sense fer aigües sinó que hi descobreix l'origen d'un auge increïble i totalment insospitat. En efecte, la dècada del 1930 veurà com les diverses agències i "administracions" creades pel govern rooseveltian inauguren un extraordinari esplet de comandes. Les màquines llogades en col·lusió pel tàndem IBM-Remington Rand (en proporció 85-15, respectivament) faran rutilar el mecanisme d'un Estat centralitzador com mai abans. I no sols això: la comptabilitat de les empreses és intervinguda i estandarditzada per primera vegada a la història americana. El 1935, segons una enquesta del govern americà, existeixen als USA 8.412 perforadores, 4.106 classificadores i 4.303 tabuladores IBM, totes en lloguer. És l'època de les innovacions: la tabuladora amb mecanisme de multiplicar (anomenada "multiplier" o "calculator"), o els manuals IBM sobre aplicacions, descrivint a l'usuari els mètodes ja força assajats de resoldre diversos problemes de la indústria i l'administració per mitjà de fitxes perforades. És justament en aquest temps que IBM, havent instal·lat una fàbrica de fitxes a Washington (ciutat màxima consumidora del país), aprofita paper de la mida del dòlar que subministra la seca nacional; la nova fitxa de 3,25 x 7,375 polzades, molt més gran que la corrent de 45 columnes, en tindrà 80 i per primera volta d'ençà de Hollerith permetrà d'enregistrar-hi també informació alfabètica mercè a una "zona" superior. El 1935 una nova llei (la Social Security Act) obligarà el govern a crear i mantenir actives les fitxes de 26 milions d'americans, amb un moviment previst de 500.000 fitxes processades per dia.

El "New Deal" de l'esquerrà Roosevelt no és pas l'única font de satisfacció de Thomas Watson. Aquests mateixos anys veuen despertar-se l'interès dels científics per la tabuladora, una màquina que a la falta de sofisticació tècnica afegeix una horrenda fama de "màquina de comptables". El 1929 a un tècnic anglès de la Nautic Almanac Office (el nom ho diu tot: fabricació de taules astronòmiques per a la Marina, especialment la de guerra) de Greenwich, L. J. COMRIE, se li ocorre d'usar una tabuladora per a subtabulació, impressió i comprovació de taules astronòmiques, una feina abans encomanada a calculadores de sobretaula. El resultat és encoratjador i tot seguit Comrie escomet el càlcul de les posicions de la lluna (cada 12 hores) per al període 1935-2000 usant, verificant i ampliant les taules lunars d'E. W. Brown, calculades manualment el 1920. El càlcul, exigint la perforació de mig milió de fitxes, és enllestit ràpidament i es fa famós entre els astrònoms. Un d'ells, l'americà WALLACE J. ECKERT\*, s'adreça a IBM el 1933 per repetir l'experiència a Amèrica. La resposta de Thomas Watson és immediata i entusiasta; en resultarà el disseny d'una nova màquina comptable, la *IBM Modified 601 Multiplier* —un esbart de classificadores i tabulador-

\* Que, malgrat la raritat del nom, no té res a veure amb John Presper Ecker, el col·laborador de Mauchly a partir de 1942.

res IBM connectades i sotmeses a control seqüencial automàtic per un quadre de cables— anunciat com a "màquina per a científics". Eckert hi recalcularà les taules Brown i més tard s'usarà per calcular les taules de tir del bombarder B-29 i simular l'estratègia dels combois anglo-americans davant l'atac de submarins alemanys a l'Atlàntic-Nord.

La satisfacció pel descobriment d'un nou estil de càlcul és fàcil de constatar en l'obra d'Eckert *Punched-Card Methods in Scientific Computation* (1940), en què s'albirava una nova època de càlcul abundant i fàcil per resoldre tots els maldecaps dels científics. Una passió que també reflecteix la fundació del *Thomas J. Watson Astronomical Computing Bureau* (prefiguració del futur *T. J. Watson Research Laboratory* d'IBM) que Watson posa a disposició d'Eckert a Columbia i que convida a visitar tots els científics cèlebres que pot. La fe de Watson en les possibilitats de la seva màquina en el camp de la ciència el farà perdre una volta i altra l'oportunitat de padrinejar la màquina que de debò farà la revolució predita per Eckert, l'ordinador, a qui Watson veurà com un molest i imprevist competidor del seu disseny. La història de l'amor contradictori del gran patró d'IBM per la màquina que no havia pogut preveure condicionarà pesadament els primers sanglots d'aquest invent.

### 3.3 Stibitz i Zuse

Efectivament, la màquina comptable no havia pas de fer la revolució. N'era un component, potser. La idea de Babbage de màquina universal amb programa i memòria era omnipresent, però faltaven els elements tecnològics que aviat la farien per primera vegada possible: *el telèfon i el ràdar*. El segon es farà esperar fins al 1943; el primer entra en acció immediatament, el 1937. Ja abans d'aquest any s'havia observat la similitud entre l'acció dels relès habitualment usats en xarxes telefòniques i el càlcul numèric en notació binària. Aquesta analogia, a més de suggerent, era fàcilment analitzable mitjançant una estranya però coherent lògica descrita el 1854 per George Boole, un anglès contemporani de Babbage, fortament influent sobre els lògics posteriors. El tema era prou enllepidor per dedicar-hi una tesi, i això va fer Claude Shannon, un estudiant de l'MIT, que l'enllestí el 1937 i la publicà l'any següent; es titulava *A Symbolic Analysis of Relay and Switching Circuits* i és l'obra que inaugura la nova ciència de la *Commutació*. Shannon fou contractat per l'A.T. and T., la totpotentosa telefònica americana, on el 1948 fundaria la nova "Teoria de la Informació" mercè a un llibre àmpliament divulgat, amb Warren Weaver com a coautor.

De fet, l'ATT i especialment el seu laboratori de recerca, els famosos *Bell Labs*, feia temps que anaven al darrera del problema. S'hi havien construït comptadors binaris amb relès per controlar temps i nombre de trucades, però encara res que anés enllà del petit registre-acumulador. Havia de ser GEORGE R. STIBITZ, un matemàtic que hi treballava, qui construï diversos sumadors binaris amb relès com a hobby a casa seva. Un sumador decimal que va fer el 1937 (amb codi BCD d'excés de tres) va ser calorosament rebut als Labs i va engagar la construcció d'un anomenat *Complex Calculator* durant els anys 1937-39. Val a dir que les necessitats de càlcul dels Bell Labs eren esfereïdores (disseny de circuits i de tot tipus de dispositius, càlcul d'equilibri i dimensionament de xarxes, minimització de pèrdues i interferències, etc.) i que eren complicats pel fet d'involucrar l'aritmètica dels nombres complexos (d'on el nom, "calculator de complexos"). La nova màquina no tenia pràcticament res a deure a les tabuladores, respecte a les quals representava una certa ruptura: tenia un teletip com a entrada i treballava internament en binari (codificant-hi els decimals i operant en excés de tres). El 8 de gener del 1940 va començar a funcionar a ple rendiment, i durant el mateix any veié construir-ne dos més d'iguals. La Bell hi creia, però ben aviat deixaria de ser l'única a fer-ho. En la reunió de l'American Mathematical Society d'aquell any, a celebrar al Dartmouth College, a Hanover, New Hampshire (a uns 400 km de Nova York), la Bell presentà oficialment als matemàtics que s'hi aplegaven el seu calculador; de fet a Hanover només hi havia un teletip que permetia de comunicar-hi, per tal com la màquina era al seu lloc habitual



de Nova York. La connexió, *per cable telefònic*, no sols prefigurava una època futura de càlcul a distància sinó que va deixar pregonament impressionats tots els presents, fins al punt que durant els anys de guerra els científics americans tenien aquesta màquina —juntament amb l'*anàlitzador diferencial* de Bush— com l'inici d'una nova generació de calculadors.

Al Complex Calculator Stibitz va afegir aviat una sèrie de quatre successors, cadascun més bo i universal que l'anterior. Els diferents dissenys van de 1942 a 1945, bé que l'autor en tenia pensades les millores des del 1938. Així, el 1940 Stibitz concep un calculador de polinomis i altres expressions algebraiques operant segons *instruccions* introduïdes pel teclat del teletip o per *cinta de paper* telegràfica de 5 canals. En aquest disseny, dut a la pràctica en el *Model 2* de 1943, trobem el vell disseny de Babbage per primera vegada materialitzat en una màquina real on no falta tampoc el concepte de *biblioteca de programes* en forma de repertori de cintes. Però Stibitz no és només el primer a fer *teleprocés, programes i biblioteques*; també és l'autor d'un dispositiu que permet la cerca d'una adreça concreta en cinta, on trobem la primera forma de *brancament*, idea de Babbage que Stibitz recrea i sistematitza en "condicional" i "incondicional", tot com avui.

Hem dedicat un espai inhabitual a Stibitz perquè la historiografia corrent en parla en la mesura inversa a l'espai que esmerça a elogiar Aiken i el Mark. Aquest curiós fenomen, avui potser en reculada, tendeix fortament a oblidar el gros impacte real que van fer les màquines que ara anomenem (quan ja són objectes de museu) *Bell Relay Computers* especialment entre els matemàtics, col·legues de Stibitz i vitalment representats en els organismes de coordinació ciència-govern-exèrcit (durant la guerra) per homes del prestigi de Warren Weaver, futur col·laborador de Shannon.

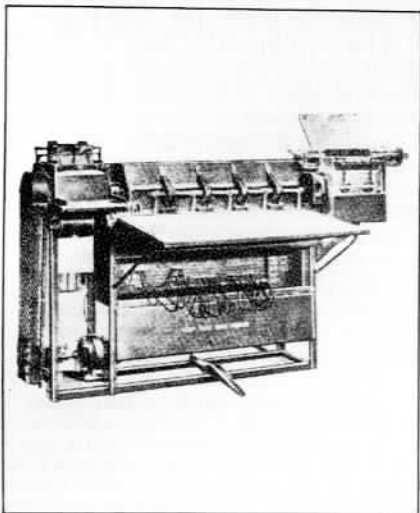
I encara caldria parlar, per no cometre greu pecat d'omissió, de l'alemany KONRAD ZUSE, contrafigura europea, fins a cert punt, de Stibitz. Zuse, reivindicat per Servan-Schreiber com a pare europeu de la informàtica, treballà en condicions força diferents a les de Stibitz, en una Alemanya nazi no gens entusiasta del seu esforç peoner (falta de perspectiva que recorda la badada increïble dels seus científics a l'esguard de la futura bomba A). El treball de Zuse és especialment meritori perquè, en el context d'aïllament i falta de suport en què es va veure, va haver de reinventar, com aquell qui diu, moltes de les coses que en altres països eren ja idees rebudes i motiu d'àmplies i creatives discussions: la concepció global de Babbage, la coma flotant de Torres Quevedo o l'aritmètica binària de Couffignal o Shannon. Aquesta circumstància exalta encara més les seves realitzacions peoneres, en part paral·leles a les de Stibitz però dutes més lluny i més arrodonides que les d'aquest: el primer *calculador programable universal* complet i pretès tal, el Z3 de 1941, aproximadament equivalent al Mark de Harvard de 1944 però més petit i lleugerament més ràpid, binari, amb coma flotant i amb una memòria (mecànica) de 64 mots de 22 bits, 7 d'exponent i 14 de mantissa (més el signe). Zuse fins va proposar de construir aquesta màquina en versió electrònica (ja el 1939), però el veto oficial al projecte va impedir que el primer calculador electrònic fos fet a Alemanya abans que a Estats Units (Zuse en va construir una part, però, que és un precedent històric de l'ENIAC). Amb Stibitz, Zuse fou també el primer materialitzador de la idea babbagiana de *programa*, que ell anomenava *plankalkül* i que contenia el concepte de "programació" (*rechenplananfertigung*) i de "llenguatge" que més endavant desenvoluparien deixebles alemanys i suïssos de Zuse (especialment Heinz Rutishauer) al voltant del 1950, en paral·lel amb els americans (Von Neumann, Goldstine) i els anglesos (Maurice Wilkes). Roman encara per estudiar el mèrit propi i la influència de Zuse en la informàtica europea posterior. Es pot apuntar que aquesta influència fou tanmateix indirecta, a través de la GAMM (un grup de matemàtics amb interès en aplicacions dit "Gesellschaft für angewandte Mathematik und Mechanik") que enclouïa gent de Zurich, Munic, Magúncia i Darmstadt que construïa i usava petits calculadors durant la dècada dels 50 (un d'ells, significativament, era un *Zuse Z22*, més tard batejat *Siemens 2002*), que publicava articles influents en revistes del ram (com ara Rutishauer, que n'escriu dos, el 1951, força llegits arreu del món, sobre "programació"), i que finalment —cap a la ratlla dels 60— conver-

gí amb els seus homòlegs americans i anglesos en el comitè Algol del 1958. Els seus noms els trobem al llarg de la història del software, sobretot d'ençà dels anys cinquanta, i es prolonguen molt més recentment en l'escola europea dels Wirth, Naur, Dijkstra, Brinch Hansen, Dahl, etc.

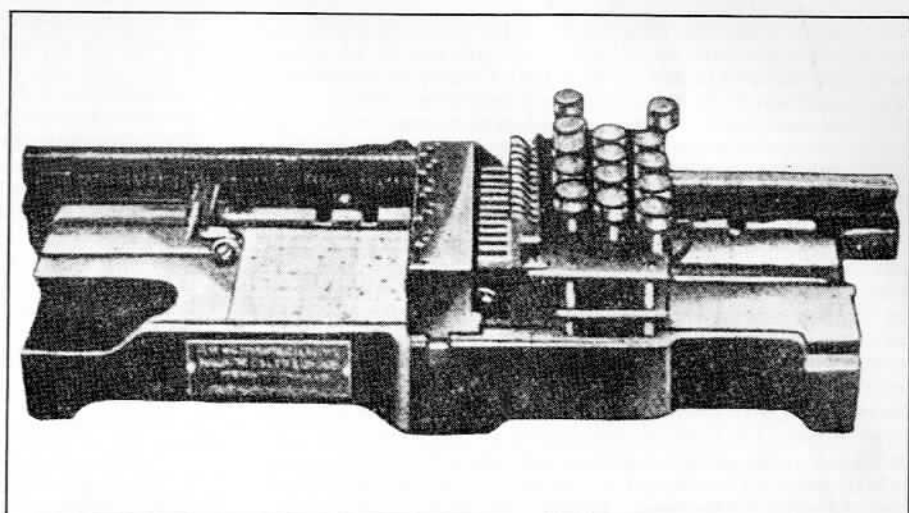
### 3.4 Aiken (i Watson)

L'últim predecessor dels calculadors electrònics moderns és un estrany animal fabulós amb dos pares (Harvard i IBM) i dos noms (*Mark* i *ASCC*), resultat de dues visions del món personalistes i fortament incompatibles, les de Howard H. Aiken i Thomas J. Watson. Serà l'última màquina de relès, és a dir, electromecànica (i doncs essencialment "telefònica"); per a molts, serà l'única que mai va existir amb aquesta tecnologia, el producte genial del savi Aiken o del visionari Watson (segons que la font de l'elogi sigui universitària o d'IBM, respectivament). Tots ells li fan jugar un paper de frontissa prefigurant l'era veïna de la informàtica, l'origen de la qual situen els primers en la universitat o, els segons, en Thomas Watson i les fitxes perforades. Els uns addueixen per prova incontestable el fet que aquest quasi ordinador va ser concebut per mentalitats científico-teòriques del tipus universitari; els altres el tenen per demostració palpable que sense visió organitzativo-industrial la revolució informàtica mai no hauria estat possible. De totes passades, la màquina en qüestió n'ha resultat potser massa ben parada en relació als seus mèrits històrics reals. És clar que un d'aquests mèrits, indiscutible, és que es tracta segurament de la primera màquina concebuda de bon començament com a calculador *universal*; no que ho sigui, sinó que ho pretengui. A més, la pretensió és en sentit exclusivista: és la màquina universal, com si això només pogués ser d'una manera i aquesta fos justament la prefigurada per Aiken. El *Mark I* ("I" perquè n'hi va haver més) va ser, això sí, el proto-ordinador més regat de dòlars (un total de cinc milions) i entusiasme d'aquesta història —que ell clou— de la pre-informàtica. Va poder ser doncs, amb motiu, la màquina més ambiciosa i universalista; però fou nogensmenys un projecte d'execució difícil, en què els estires i arronses entre l'equip d'Aiken i els homes d'IBM foren un seguit. Va ser un amor impossible que acabà després de la presentació pública de l'invent, quan Aiken tirà pel dret (sense IBM i *contra* IBM) amb una sèrie d'altres dos Marks mentre Watson —granment decebut— oscil·laria indecís entre l'abandonament, la represa (una segona màquina dita SSEC) o el simple atac a d'altres alternatives (com l'ENIAC, que encetava una nova línia —la definitiva— que Watson no valoraria prou fins molt més tard). Però anem a pams.

HOWARD HATHAWAY AIKEN (1900-1973), de Harvard, coneixedor i admirador de Babbage (i Torres), es movia el 1939 en el món, comú al dels seus col·legues americans, de la necessitant pressant de càlcul *ràpid* i de les dues noves eines que apareixien per resoldre el problema: el calculador analògic de V. Bush (una versió del qual era a punt d'instal·lar-se al veí MIT) i el calculador "de complexos" de Stibitz (un autèntic calculador universal, com hem vist). Tot això, en un ambient caracteritzat per la cerca constant, sobretot pels físics, de nous mitjans de càlcul innovadors (és el cas d'Atanasoff o de Mauchly, encara que Aiken no els conegués) i d'experimentació, sobretot pels enginyers, en la direcció assenyalada per Shannon (i seguida per Stibitz) de reportar relès a l'àlgebra binària. Els experiments personals d'Aiken en aquesta línia el convenceren de la possibilitat de concebre i construir un calculador de relès plenament universal, obra que ja havia pensat i descrit el 1937 i que engegà el 1939. El projecte no passà d'aquí, però, fins que Harlow Shapley, el prestigiós astrònom de Harvard, visità el Thomas J. Watson Astronomical Computing Bureau invitat per IBM. D'aquesta ocasió arrenca el coneixement per Watson del projecte d'Aiken i l'inici de la tempestuosa relació entre els dos homes. Watson accedí a finançar la màquina i d'aportar-li ajut tècnic en forma d'enginyers de la casa, que van col·laborar brillantment a fer realitzable la idea d'Aiken. De l'altra banda, aquest darrer considerà la màquina com a obra pròpia i producte merament universitari, amb Thomas Watson com a mer mecenas del projecte. El disseny i construcció del *Mark* els ocupà des del 1939 fins ben bé el 1944. La màquina, coneguda com a *Mark* pels de Harvard,



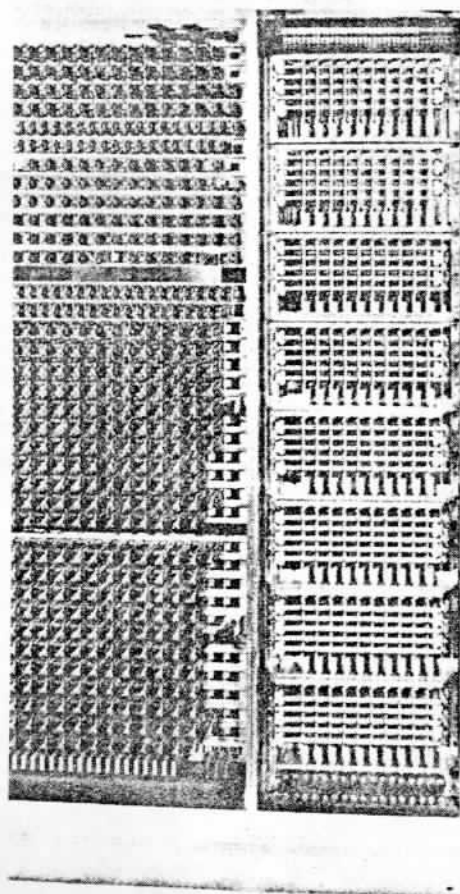
16



17



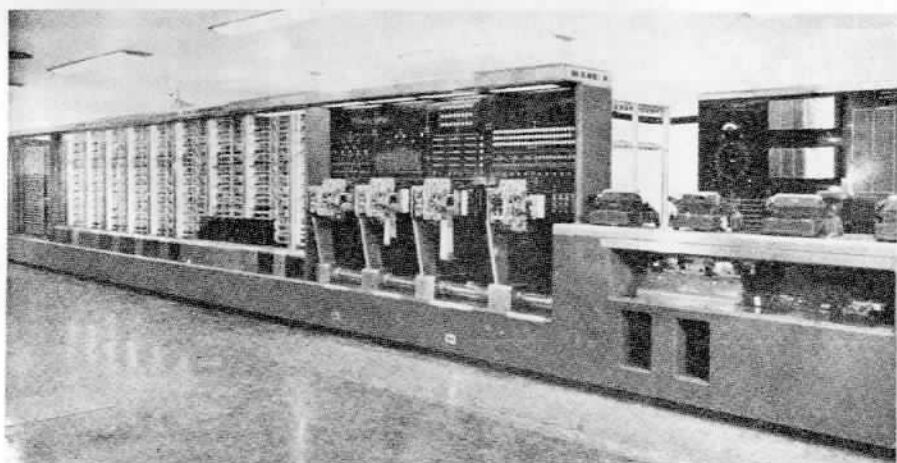
18



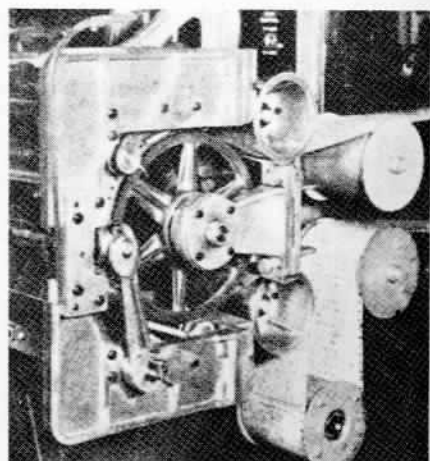
19



20



21



22

fou dita *Automatic Sequence Controlled Calculator* o *ASCC* dins IBM i presentada en públic l'agost del 1944.

El *Mark I* tenia una memòria de 72 posicions decimals, consistents cadascuna en 24 "rodes de comptador" de deu posicions (una per cada xifra possible). Cada roda representava una xifra i doncs cada registre de memòria admetia 23 xifres significatives més el signe. Les posicions de memòria eren de fet registres acumuladors, permetent operacions aritmètiques. Cada roda estava connectada a un eix en rotació constant per un embragatge electromecànic accionat per relè, i la lectura es feia per elèctrode de contacte sobre les deu posicions de la roda. Una suma entre les rodes A i B, per exemple, consistia en l'acció de l'elèctrode lector de B sobre el relè actuant en A. A més de les 72 posicions "actives" de memòria, hi havia 60 posicions més per a constants, fixades manualment per mitjà de commutadors. El programa consistia en instruccions de 24 xifres (decimals), introduïdes per cinta perforada. Les dades s'introduïen, en canvi, per commutador manual o bé per fitxa perforada. Les funcions necessàries al càlcul eren definides en cinta, ja fos en taules o per subrutina. No hi existia, però, un concepte clar i modern de programació com el prefigurada als darrers models (una mica posteriors) de Stibitz; no hi havia, per exemple, possibilitat de brancament i, doncs, de càlcul iteratiu definit per fórmula recurrent.

El "hardware" (permeteu l'anacronisme) del *Mark I* consistia, tot plegat, en 250.000 peces i 800 km de cables. L'addició —o subtracció— de dos nombres (de 23 xifres decimals més signe) li prenia mig segon. La multiplicació de dos nombres de deu xifres pujava a sis segons, mentre que el suprem esforç de la divisió li exigia no menys de deu segons. Feia 15 metres de llarg per 2,5 d'alt, pesava dues tones i presentava al visitant una façana feta d'armaris de vidre i teletips. Un observador el va descriure, tot funcionant, com si al darrera hi hagués una sala plena de velles fent ganxet (pel soroll característic de la caiguda de relès).

La inauguració, a Harvard, dies després que Watson hagués fet donació formal de la màquina, i patents annexes, a la universitat, va començar amb unes paraules d'Aiken, que, tot reconeixent els tres principals enginyers (d'IBM) col·laboradors del projecte com a coinventors de la màquina, enlloc del seu discurs no es va referir gens a Watson o al seu mecenatge. Aquest, molt ofès, va manar que s'iniciés immediatament a IBM una nova màquina (que acabaria essent el *SSEC*). Els principals experts de la casa, Eckert i Herbert Grosch (un nou arribat, també astrònom), del Watson Laboratory d'IBM a la Columbia, així com John McPherson, havien estat considerant aplicacions possibles per a l'insòlit potencial calculador del *Mark*. Llurs contactes amb un ventall de consumidors de càlculs que anava dels científics universitaris als militars passant pel projecte Manhattan (la bomba A) a Los Alamos els havien convençut de l'amplària i generalitat de la demanda de càlcul que exigia —i ara podia— ser satisfeta. Aiken en canvi, totalment inimaginatiu pel que feia a les possibles aplicacions del *Mark*, va tallar d'arrel totes aquestes especulacions, reclamant la màquina en exclusiva, apartant-ne totalment la gent d'IBM i destinant-la només al càlcul de taules navals o de diverses funcions matemàtiques, taules aquestes força voluminoses (una quinzena de toms) i no gaire interessants, que Aiken va vendre a totes les universitats del país i que havien estat programades per ell i Grace Hopper (una peonera de la programació, en la línia d'Ada Lovelace, que retrobem a la Univac als anys cinquanta). Les aplicacions ben més realistes que la gent d'IBM proposava no es realitzarien sinó més tard, quan el 1948 fóra ofert el *SSEC* a tota la clientela interessada a usar-lo, al centre de càlcul d'IBM, a Nova York.

Des del punt de vista tècnic el disseny del *Mark*, en tant que primer amb vocació universal, és clàssic. Se'n troben involuntàriament les traces a l'ENIAC, el seu superador electrònic que, inaugurat el 1946, s'estava construint enllà de 1942 en una altra universitat, la de Pennsilvània. En efecte, hi retrobem, com un llunyà ressò, les rodes de comptador, ara dites "comptadors anulars" i ja totalment electròniques i desvinculades de la tecnologia telefònica. L'ENIAC era clarament més modest en aparença

i pretensions: els 72 registres de memòria del *Mark* s'estrenen aquí a només 20, però en versió electrònica (encara decimal). Tot d'una, els clics i clacs continus típics de la màquina-aparador de Harvard farien pas a una nova sensació, la del silenci i la fressa llunyana de l'aire condicionat que requeria la calor tòrrida generada per la forta dissipació dels tubs, junt amb una necessitat insalvable de recanvis per a unes vàlvules acostumades a fondre's amb persistència, que caracteritzarien visiblement la primera bèstia electrònica de la història. La mentalitat de l'ENIAC és la del ràdar i de l'electrònica, nova tecnologia poc fiable encara però revolucionàriament ràpida. De fet l'ENIAC obrirà la nova etapa que avui coneixem com a *informàtica* i, sense pas voler-ho, deixarà la pretensiosa màquina de Harvard-IBM (i els seus successors) en la categoria dels "precursors", una mica a la manera dels vells diplodocus. L'ENIAC és ja tota una altra cosa. Ens n'ocuparem, si voleu, més avall.

Ton Sales

## La prehistòria de la informàtica: Antecedents històrics del ENIAC (1946)

### 1. PROLOGO METODOLOGICO: SOBRE LA "HISTORIA DE LA INFORMATICA" COMO NUEVA CIENCIA Y/O ACTIVIDAD

La màquina que conecemos variadament com *calculador*, *ordenador* o *computador* ha tenido la fortuna poco común de interesar a los historiadores antes que cualquier otro objeto o fenómeno. Han tenido que pasar más de cien años para que los viejos trastos de una revolución industrial casi bicentenaria como la catalana hayan merecido la benevolencia de los eruditos y arqueólogos aficionados, y aún no ha llegado el momento de ver reunidas en un museo único las venerables hiladoras mecánicas, las legendarias *jenny*, tanto las manuales como las de vapor, que están en la base de aquella. Por el contrario, y con espléndida regularidad, cada vez que se rumorea que un antediluviano monstruo del cálculo electrónico se ve amenazado de desguace, multitud de instituciones beneméritas acuden a reclamarlo, reconstruirlo y hospedarlo con todos los honores en las salas de algún Science Museum para que los colegiales puedan admirar la increíble paciencia de los programadores-electricistas de la informática heroica.

No sólo se recogen los vetustos ancianos electrónicos en los museos. También se invita a los santos fundadores de la computación con motivo de cualquier congreso del oficio y se les hace recitar una vez más la famosa aventura de cuando inventaron el Fortran, o de cuando se dieron cuenta de que un registro era un registro-índice, y cosas así. Y también, no se sabe por qué razón, ha aparecido un nuevo espécimen (en esta profesión ya tan llena de personajes): el hurgador profesional de revistas, el entrevistador de héroes supervivientes, el arqueólogo de sistemas; en suma, aquello que promete ser el "historiador informático". Porque la *Historia de la Informática* (así, en mayúsculas), ya existe; ya ha tenido su primer congreso, ya tiene su primera revista, pronto tendrá las primeras tesis doctorales.

No se sabe si este original fenómeno es debido a un sentido de la historia sorprendentemente egregio de los informáticos o a un deseo soberbio de elevar la anécdota a la categoría histórica, o quizá a una trascendentalización prematura de la actividad de hacer y vender máquinas. Se podría aventurar como explicación que esta historia debe ser una de las pocas en las que se puede ser a la vez espectador y partícipe, fabulista y héroe. En todo caso, ver el deleite con que los nuevos Sigfridos o Santiagos Matamoros de la informática recuerdan sus hazañas es algo que merece la pena contemplar.

Como antecedente del fenómeno, cabe citar las obras de divulgación, incontables, de la informática. O los capítulos introducto-

rios de los manuales (también incontables). Todos explican aproximadamente lo mismo: Jacquard inventa la ficha perforada, Babbage inventa un ordenador cien años antes de lo previsto, después llega el siempre citado Hollerith con un simulacro de calculador en forma de centralita de teléfonos y así todo. El lector, la cuarta o quinta vez que ha leído esto, se pregunta qué rara afinidad poseían esos hombres que permitía que un funcionario catastral de Buffalo tuviese noticia de un señor de Lyon, inventor textil, que había vivido 80 años antes aparentemente sin dejar rastro; o por qué canal subterráneo se había filtrado la máquina de Babbage para que cien años más tarde Aiken diese con ella (Aiken suele ser el cuarto de la serie). La cosa continúa a partir de aquí ordenadamente y sin problemas hasta la segunda o tercera "generación", donde la historia habitualmente se detiene.

En estas circunstancias, una vez leída una docena de permutaciones de la misma historia, el lector informático se sorprende en su buena fe al enterarse, por alguna revista del ramo, de que el Sr. Mauchly acaba de perder los derechos a su patente porque no fue él quien inventó el ordenador, según el veredicto, sino un anónimo Mr. Atanasoff. O que la ferrita no la descubrió el señor Forrester (como afirma la consagración oficial) sino un tal Wang (que en la actualidad se dedica a los miniordenadores de mesa). O que, contra lo que pudiera pensarse, Von Neumann no lo inventó todo. O que, desde el principio, hubo una auténtica floración de máquinas, de imprecisa situación cronológica, con los nombres implausibles de Binae, Swac, Ordvac, Maniac, Johniac, por no citar los meteorológicos Cyclone, Hurricane, Whirlwind (torbellino), o los mitológicos Colossus, Atlas, Titan, o los poéticos Zephyr y Larc (alondra), o los impronunciados ASSC, SSEC, TX-2, AN/FSQ-32, o los sencillamente extravagantes Datatron, Bizmac o Mobidic. Frente a una afluencia tal, casi multitudinaria, el sorprendido lector de resúmenes históricos puede llegar a creer que hubo un tiempo en el que existían tantos calculadores diferentes como informáticos practicantes, o a dudar que la historia de los ordenadores tenga sentido alguno.

En estas condiciones resulta difícil encontrar un hilo conductor creíble o un esquema unificador realista y sin embargo, lo que queda claro al leer la historia de la informática es que ha llegado el momento de revisarla, o de rehacerla. Y no sólo por la petrificación creciente que ha sufrido esta historia tipo sino por su carencia de perspectiva crítica o simplemente dinámica. Es tradicional la alegría de que suelen hacer gala los anglosajones, simplemente olvidando fenómenos económico-sociales relacionados con los hechos narrados, a los que puedan aclarar o contribuir a explicar. Y, así, apenas en ninguna parte aparece, ni que sea por mera yuxtaposición, la actividad de los militares y su importante y nunca desmentido antagonismo informático; y esto siendo como son los procreadores de cosas tan aparentemente poco militares como los actuales métodos de "management" o por lo menos de una buena parte) o el pobre Cobol. Tampoco se habla mucho de la (gran) influencia de los sucesivos proyectos de la NASA, o de la expansión informática patrocinada por la gran empresa, especialmente la multinacional (que debe muchísimo, quizá más que a ninguna otra cosa, a la famosa máquina de los informáticos). Cualquiera intento de reconstruir el relato tendrá que contar con una distinta óptica de partida. El actual interés por la *historia informática* de que hablábamos al principio, con los nuevos materiales y mejores perspectivas que aporta, proporciona sin duda una buena ocasión y ayuda para ello.

Aún a riesgo de exagerar en sentido contrario, en las líneas que siguen hemos pretendido esencialmente insistir sobre el *contexto* (¿tal vez hay que llamarla *background*?) de aparición de cada cosa, sobre el aspecto militar, comercial, etc. — y no sólo el tecnológico —, y sobre el *mundo mental* y el *horizonte de expectativas* en que operaba o a que daba lugar. Porque existe una costumbre inveterada en plantearlo todo como una retahíla de invenciones con contenido únicamente técnico y actuando en el vacío, y una historia así no es ni verosímil ni favorece la comprensión del cómo y del por qué los hechos sucedieron como sucedieron.

Antes de empezar, permítasenos apuntar dos cosas más. La primera es que la informática ha estado caracterizada *siempre* por unas expectativas desmesuradas, una tendencia a la incontinencia verbal, la extrapolación fácil y la futurología entusiasta y casi religiosa. Visto desde hoy, parece mentira que los primeros ordenadores despertaran, pese a su tosco primitivismo, unas creencias en la "inteligencia mecánica" y la liberación social tan fuertemente sentidas y, sobre todo, que se creyese en ellas como si fueran realizables para el día siguiente. Quizás alguien sienta la tentación de sonreír como si hablásemos de algo superado, pero no se olvide que, hace sólo diez años, se llegaron a decir ilustres tonterías sobre los sistemas de información a dirección o sobre la empresa integrada, o las que se han dicho sobre lenguajes de programación (*el lenguaje del futuro*, ¿suena, la frase?) o sobre bases (y "bancos") de datos, o las solemnes burradas que estaremos diciendo ahora mismo sobre la "revolución" de los micros (y ya que hablamos de ello, ¿cuántas "revoluciones" hemos hecho ya?) Un ejemplo: en 1972, año en que se supone que ya éramos maduros. C. Lester Hogan, presidente de la Fairchild Camera y por lo tanto hombre de quien hay que suponer que poseía sólidos y realistas conocimientos sobre la materia, afirmaba: "Nuestras tecnologías actuales nos proporcionarán, en los años ochenta, una semana

laboral de veinte horas" Communications of the ACM de Julio; y no es sólo que este señor hablase sin sospechar ni remotamente la crisis y el desempleo general que se nos echaba encima (y que ni siquiera pudiera prever la importancia que tendrían los micros) sino que ilustra sobre nuestra incontenible locuacidad, como si tratar con máquinas electrónicas nos proporcionase alguna clave para conocer el futuro. Si algo hemos podido sacar en claro los informáticos de nuestra historia es, probablemente, lo fácil que resulta equivocarse: creíamos que de inmediato podríamos traducir automáticamente unas lenguas en otras, crear bibliotecas electrónicas, suprimir los maestros, controlar totalmente procesos industriales, reunir e integrar muchísimos datos sobre cualquier cosa para que los consultara un no-profesional como si nada (¿y en su propia casa!), y así sucesivamente para acabar viendo lo complicado que es lo aparentemente sencillo, o lo enorme de nuestra ignorancia (o soberbia).

Lo segundo que queríamos añadir es que, si nos acercamos mucho (p. ej. 10 ó 20 años) al momento actual, la historia de la informática pierde gran parte de su objetividad, en el sentido de que la información no tiene un origen neutro y de que los hechos no son nunca lo bastante verificables (o no lo son en absoluto). El estado de nuestros conocimientos sobre lo que sucedió, y cómo, está fuertemente condicionado por la disponibilidad de los documentos y por la política de los afectados (generalmente empresas) de dejar saber sólo lo que se quiere que se sepa, o de dar una versión "conveniente" según los intereses que se defienden a corto plazo. Y no se trata solamente de que gran parte del material sea secreto — sin obligación firme de hacerlo público cuando prescribe — o que en todas partes aparezca la manipulación propagandística de la información. Se trata de que la documentación, cuando sale a la luz, lo hace a menudo en pleitos judiciales donde lo que se ventila no es el esclarecimiento de los hechos o el sentido de la historia, sino simplemente la defensa de una particular versión que permita conservar o arrebatar patentes. Precisamente así es como hemos sabido algunas cosas (con la paradoja de encontramos con que los abogados litigantes de grandes compañías actúan como historiadores involuntarios, buscando, por ejemplo, al "auténtico" inventor del ordenador, etc.). El lector actual de historias informáticas hará pues bien de poner todo lo que lea en una higiénica y saludable duda, por lo menos provisionalmente.

## 2. LOS ESFUERZOS PARALELOS: CALCULADORA, ANALIZADOR Y CALCULADOR

El objetivo ha estado presente a lo largo de los últimos tres siglos (mediados del siglo XVII hasta hoy): *calcular sin errores*. La motivación ha ido variando: recaudación de impuestos, cálculos astronómicos (esenciales para la navegación marítima) o científicos, recuentos catastrales, contabilidad estatal o empresarial, estadísticas actuariales, etc. Todas estas necesidades las vamos encontrando a lo largo de nuestra historia con una presencia obsesiva y creciente que suministra el impulso básico hacia la solución: el cálculo por procedimientos mecánicos y, a ser posible, automáticos. La investigación en esta dirección ha dado históricamente tres resultados independientes y prácticamente sucesivos: 1) la *historia de las calculadoras* (1623-1899), 2) la *historia de los calculadores analógicos* no electrónicos (1876-1946) y 3) la *historia de los ordenadores* (a partir de 1946, aunque con antecedentes desde 1806).

Cada una de las tres historias, de resultado acumulativo, constituye una línea de investigación autónoma y proporciona un producto tecnológicamente acabado y completo. Aunque nuestro interés está en la tercera, empecemos con una breve reseña de las dos primeras por cuanto se presentarán, en nuestra historia, como una solución alternativa a los problemas del cálculo automático, quizá insatisfactoria o limitada, pero técnicamente factible y probada.

### 2.1 La calculadora

Las CALCULADORAS o MAQUINAS DE CALCULAR empiezan su carrera a principios del siglo diecisiete. No es que surgieran de la nada, sino que los progresos de la mecánica dieron seriedad a los intentos. La calculadora, en el fondo, no era otra cosa que una mecanización del vulgar y modesto ábaco, de milenaria tradición y funcionamiento satisfactorio (por lo menos hasta el auge comercial italiano del quattrocento), pero con ruedas en lugar de varillas, lo que permitía el arrastre de cifras. Leonardo da Vinci había pensado en ello, y una reconstrucción efectuada a partir de un códice suyo en 1967 nos muestra una caja que contiene siete ruedas con un dispositivo de arrastre en cadena (piénsese en los cuentakilómetros actuales); era un simple intento y un ilustre ejemplo de lo que sin duda decenas de otros mecánicos intentaban. El primer éxito del que tenemos noticia es el de *Wilhelm Schickard*, astrónomo de Rübigen, amigo de Kepler, que en 1623 construyó una calculadora que, además de ser la primera conocida, posee unas características sorprendentes: seis ruedas (= cifras

significativas) actuaban como acumulador mientras otras seis, desconectadas, representaban la "memoria" insospechada precedente); además, un dispositivo especial (una tabla) le permitía hacer multiplicaciones. La máquina, de la que no sabíamos nada hasta hace poco (1957), habría humillado a Pascal si hubiese oído hablar de ella. BLAISE PASCAL, en efecto, construyó en 1642 (a los 19 años) una máquina únicamente sumadora, aparentemente la primera de la historia; era su enésimo intento, y siempre se explica que estuvo motivado porque su padre, recaudador de impuestos, pasaba demasiado tiempo encerrado en casa sumando las cantidades recogidas y no podía salir a jugar a la *paume* con Pascal niño. La sumadora definitiva, llamada *machina arithmetica*, fue terminada en 1645: podía sumar y restar, y se vendieron varios ejemplares. (Los que nos han llegado hasta hoy demuestran sin embargo que el mecanismo no era precisamente muy fiable).

No se sabe si por el estado esperanzador de la tecnología mecánica o en parte por el prestigio de Pascal, a partir de mediados de siglo se produce una cierta aceleración: SAMUEL MORLAND construye en 1666, una sumadora-restadora (de moneda inglesa) y más tarde una multiplicadora, al parecer. Es en 1671 cuando Leibniz, intentando superar la máquina de Pascal, proyecta una máquina de calcular con multiplicación por suma iterada; las dificultades mecánicas, especialmente la ausencia de mecanismos disponibles de la precisión y diseño exigidos, le obligan a construirse él mismo sus engranajes, piñones escalados y otras piezas que precisa, y en 1694 deja ultimada su *calculadora universal* (cuatro operaciones). A pesar del logro, su máquina no será copiada ni comercializada de momento, y eso que las necesidades de la época son lo suficiente apremiantes como para exigir su uso inmediato. Como sucederá más adelante con Babbage, la tecnología del momento no permitía construir la máquina a un costo razonable (y fiabilidad adecuada) y habría que esperar, con el siglo XIX, la superación del artesanado como forma de producción. Es notable que la construcción de la máquina de Leibniz aportara dos contribuciones inesperadas: un paso adelante en el conocimiento de las técnicas de la mecánica de precisión (fenómeno que volvemos a encontrar en Babbage) y la idea, que se le ocurrió hacia 1679, de que una notación binaria de los números simplificaría mucho, en caso de utilizarse, la construcción de una calculadora. En realidad, Leibniz era solamente el ejemplo más conspicuo de toda una multitud de nombres que iban en pos de la utópica y necesaria calculadora; citemos algunos: Grillet 1678, Poleni 1709, Lepine 1725, Leupuld 1727, Poetius 1728, Hiller en Boistissandau 1730, Gersten 1735, Pereire 1750, Hahn 1770-74, Stanhope 1775-78, J. H. Müller 1783 y C. X. Thomas 1820. Por si puede dar idea de lo fuertemente sentida que era la necesidad de esta máquina (y de la frecuencia con que aparecía quien la intentaba construir) baste decir que, sólo de máquinas tipo Leibniz (es decir, con la rueda escalada que él inventó y que a partir de Hahn todos imitaron), se ha calculado que han sido construidas unas 1.500 (¡millar y medio!).

Las máquinas de Stanhope (llamadas *Demonstrator*) y, sobre todo, la del alsaciano CHARLES XAVIER THOMAS (director de una compañía de seguros) son los ejemplos más prometedores de máquina tipo Leibniz (hoy llamada *aritmómetro*) construible a escala industrial y bajo costo. Tras mejoras sucesivas durante el siguiente medio siglo, la segunda se sitúa inesperadamente en el arranque de un rápido proceso que en los treinta años que van de 1870 a 1900 deja la *calculadora* completa y además la comercializa a precios muy asequibles y previamente inimaginables. El proceso tiene especial relevancia en Estados Unidos, donde el producto se industrializa antes que en ninguna otra parte y donde aparecen derivados imprevistos (que citaremos más abajo). El americano BALDWIN construye en 1872 una máquina propia y tres años después patenta la llamada "rueda Odhner". Es la prefiguración de la clásica calculadora de sobremesa con manecilla lateral que hacia 1910 comercializarán diversos fabricantes probablemente los más conocidos de los cuales son *Monroe* y *Brusviga*. Un intento hasta cierto punto paralelo conduce hacia la multiplicadora directa (por tabla, no por iteración), máquina concebida en 1887 (a los 18 años) por León Bollée, otro prodigio francés (como Pascal) e industrializada, con patentes del alemán Steiger, por el suizo Hans Fgli con el nombre de Millionaire (1899).

El cambio de siglo presenciara el florecimiento de marcas constructoras y de usuarios de la *calculadora* nueva máquina compacta y fácil de usar que silenciosamente revoluciona el cálculo, lo convierte en algo práctico y económicamente asequible y lo soluciona tan definitivamente que nadie sentirá la necesidad de superarla hasta bien entrada la 2.<sup>a</sup> guerra mundial. Naturalmente, se produce adaptación tecnológica: los dispositivos mecánicos se vuelven más suaves y eficaces, a veces incluso electromecánicos. Pero conviene recordar que aún en 1943 los diseñadores del ENIAC (el primer calculador electrónico) no pretendían otra cosa que construir una calculadora (de sobremesa) mucho más rápida, con circuitos electrónicos en vez de componentes electromecánicos. Tal era la utilidad y estabilización del diseño de la vieja máquina que ni sus superadores pensaban en superarla. En efecto, encontramos calculadoras en todos los campos del cálculo, baratas y funcionando a plena satisfacción: las encontramos calculando estadísticas actuariales (para seguros de vida), tablas matemáticas de todas clases, tabulaciones astronómicas... Las encontramos en todos los departamentos de contabilidad, en las empresas, en la Administración del Estado, en el censo, calculando

trayectorias balísticas de nuevas armas o astronómicas de cuerpos celestes, etc. Sólo en un campo científico muy restringido no tendrá el monopolio total: la simulación de sistemas y la resolución de ecuaciones diferenciales, en las que se usarán —y no antes de 1930— grandes máquinas analógicas.

A largo plazo, sólo el ordenador acabará superando la calculadora, y no por una cuestión de velocidad sino de automatismo. En efecto, en las calculadoras mecánicas no ha sido la velocidad de cálculo lo que ha preocupado históricamente a los calculistas sino, principalmente, la fiabilidad, y, a medida que ésta ha ido aumentando, la concatenación de operaciones (humanas) que hay que efectuar entre cálculos parciales. Y a pesar de la preparación expresa de "programas" detallados de cálculo, es aquí donde se acaban localizando los errores. El problema, vital en ciertos casos en que el programa es realmente complicado (por ejemplo en los cálculos de ecuaciones diferenciales de naturaleza astronómica o balística), ha sido uno de los estímulos-clave que ha empujado hacia la automatización de la secuencia de cálculo; este fenómeno (un caso parecido —y precoz— del cual veremos en Babbage) es el que observaremos en Comrie en 1929 y en Stibitz (y siguientes) a partir de 1937.

Antes de dejar la calculadora, resulta curioso observar la fecondidad de esta máquina en producir derivados. Desde la sumadora provista de teclado, debida a D. D. Parmalee en 1850 pero no resuelta definitivamente hasta 1887 por el también americano Dorr Felt con su *Comptometer*, al "registro de caja" (una sumadora de teclado con expulsión de caja) que, inventada por James Ritty en 1879 y comercializada implacablemente —desde 1884— por John Patterson, inaugura la prodigiosa industria de las *cajas registradoras* que invaden los *drugstores* y *hardware-stores* que llenan América y que hacen de la empresa de Patterson, la *National* (nuestra vieja conocida NCR), prácticamente un monopolio a finales de siglo. Otros dos derivados, cuya importancia no será evidente hasta más tarde, son la sumadora-impresora creada por William Burroughs en 1884 y la "máquina de contabilidad", una sumadora con totalización sobre carro tabulador, introducida por Charles Kettering y vendida por la National con gran éxito después de la primera guerra.

## 2.2 El analizador diferencial (o calculador analógico)

La segunda historia la inicia en Inglaterra, en 1867, la British Association (cofundada por Babbage, como veremos) que, preocupada por el problema de la predicción de las mareas (de importancia evidente para la navegación), nombró un comité de estudio que incluía al futuro Lord Kelvin y que propuso finalmente una máquina predictor, arquetipo de las muchas que desde entonces hasta hace pocos años han cumplido con fidelidad y precisión la función de simular los vaivenes del agua. El "tide predictor" constituye el primer caso notorio de analizador armónico, el más importante del cual, de uso universal (no especializado), es probablemente el construido por Michelson y Straton en 1898, capaz de analizar una función en serie de Fourier de 80 términos. El analizar una función en serie de Fourier de 80 términos. El analizador armónico es uno de los innumerables dispositivos, como los planímetros e integradores de toda índole, concebidos por matemáticos para resolver cómodamente diferentes tipos de ecuaciones diferenciales. En 1876 James Thomson, hermano del citado Lord Kelvin, construye un integrador mecánico que este último presenta en la Royal Society acompañándolo de una memoria donde explica el principio general de la máquina, que llama ANALIZADOR DIFERENCIAL y que, como el predictor de mareas, reproduce las variaciones de una magnitud mediante el paralelismo (analogía) con otra que caracteriza su funcionamiento interno. Lo cierto es que la precisión que podía esperarse de los dispositivos mecánicos era baja y los cálculos se resentían de sus errores hasta tal punto que resultaban inútiles la mayoría de las veces; no valía la pena pues, construir calculadores aplicables a cualquier función, como Kelvin proponía. Como en las otras dos historias, una vez más la idea se había adelantado a las posibilidades de su realización, y hubo que esperar hasta que la tecnología proporcionase la precisión requerida. El analizador diferencial mecánico más refinado construido hasta la fecha es probablemente un complejo dispositivo de localización y estimación (y mantenimiento) de la distancia para cañones navales fabricado en gran escala durante la primera guerra mundial por la Ford Instrument. Eficaz, pero difícil de fabricar y de mantener (con desajustes crónicos), representa el canto del cisne de los analizadores mecánicos; ilustra no obstante sobre la tradicional asociación de estas máquinas con la artillería.

El primer síntoma de cambio en este terreno lo proporciona el uso de la electricidad en un "simulador de circuitos" construido por la General Electric en 1920 y que, pese a la modestia de su nombre, es el primer analizador diferencial no mecánico. Unos años más tarde, el americano Vannevar Bush inicia la construcción de una serie de máquinas que se interrumpe con la guerra. Son los primeros *analizadores diferenciales* electromecánicos, en los que, en los últimos modelos, la precisión de las magnitudes mecánicas se asegura mediante controles y amplificadores electrónicos muy precisos. Invento esencialmente universitario, la fama de estas

máquinas se extiende entre los militares durante la guerra. Se construyen variantes para calcular (simular) trayectorias de proyectiles o de objetivos en vuelo y empieza a prosperar la idea de miniaturizar algunos para incluirlos en aviones o incluso en los mismos proyectiles y dirigirlos al blanco en tiempo real. Idea ésta totalmente fracasada, porque los *calculadores analógicos*, nombre con que ahora se los designa (ya han aparecido los primeros digitales), tienen una obsesiva tendencia a ocupar un exceso de metros cuadrados y, por ejemplo, a hacer ruidos que recuerdan huracanes (por la marcha simultánea de los motores) y que explican los nombres que llevan las máquinas (REAC *Cyclone*, RCA *Typhoon*). Exceptuando casos de guerra esta clase de bestias electrónicas no podrán resistir la competencia de los nuevos calculadores digitales. Algunos se especializarán para que quepan en la cabeza de algún proyectil, según el sueño militar; otros se transformarán en los *calculadores analógicos* casi totalmente electrónicos que hemos conocido más tarde usados sobre todo en simulación y en aplicaciones militares, en dirección automática de proyectiles y cálculos híbridos.

### 2.3 El calculador

La tercera historia, la de los CALCULADORES DIGITALES o ORDENADORES, no empieza hasta finales de los años 30. Pero esta línea tiene ilustres antecedentes que conviene explicar y que de hecho se remontan a más de 100 años antes. Es entonces, justo al empezar el siglo XIX (en 1806), cuando JOSEPH-MARIE JACQUARD patenta un telar controlado automáticamente por una sucesión continua de tarjetas previamente perforadas. De hecho la motivación de Jacquard fue más bien la del propietario de empresa textil con necesidades de ahorro de mano de obra que la del invento puro (si tal cosa existe). Por otra parte, la idea de la serie de tarjetas con perforaciones para controlar diversos mecanismos era relativamente antigua ya entonces dentro de la industria textil (se debe a B. Bouchon y a M. Falcon en 1725 y 1728 respectivamente) y deriva remotamente de los mecanismos de los relojes musicales medievales. El principio de la ficha perforada se extendió pronto a toda clase de dispositivos mecánicos, cuyo ejemplo más conocido es quizá la pianola. En todos ellos, las tarjetas estaban siempre unidas entre sí y dobladas como en un acordeón. Muchos hombres del siglo XIX vieron alguno de ellos a lo largo de su vida, por lo que no resulta nada raro encontrar la misma idea en los dos personajes siguientes: Babbage y Hollerith.

## 3. LOS ANTECEDENTES

### 3.1 Babbage

CHARLES BABPAGE (1791-1871) fue siempre esencialmente un científico interesado por el cálculo. Es, entre otras cosas, el autor de unas tablas de logaritmos muy precisas publicadas en 1827. Conviene no olvidar que la suya era una época con grandes necesidades de cálculos: la navegación marítima dependía de la precisión de las tablas astronómicas, la validación de una teoría científica dependía de la exactitud de un cálculo generalmente apoyado en tablas matemáticas, las empresas de seguros y la Corona británica requerían medios para tabular estadísticas, etc. Al propio tiempo todo ello precisaba de un instrumento adecuado de cálculo: cualquier cómputo exigía el concurso de calculistas (entonces llamados "computers" en Inglaterra) y el resultado era de una fiabilidad anormalmente baja: las tablas estaban literalmente plagadas de errores, y éstos por otra parte eran difíciles de detectar, además de que cualquier recálculo era inviable por lento.

La idea de efectuar los cálculos mecánicamente se le ocurrió a Babbage ya en 1812. De hecho la necesidad era apremiante y la idea era implícitamente compartida por ciertos astrónomos. Fue Babbage quien intentó construir una máquina que hiciera cálculos automáticamente por el método usual de las diferencias, el cual permitía reducir el cálculo de un polinomio (y por lo tanto de cualquier función analítica) a sumas y restas a partir de varias constantes halladas previamente. Una versión a escala fue presentada a la Royal Society en 1822; permitía calcular funciones de segundo grado con una precisión de seis cifras e imprimir directamente los resultados a razón de 44 cifras/minuto. Era la primera *máquina de diferencias* de Babbage y, aunque no era útil por su poca precisión, fue galardonada con una medalla de oro y el autor premiado con una subvención del gobierno de 1.500 libras para construir otra a mayor escala. La segunda (y última) *máquina de diferencias* de Babbage lo tuvo ocupado durante los siguientes 10 años (1823-33). Le costó interrupciones, malentendidos con el gobierno, y, finalmente, la paralización del proyecto. El presupuesto era desbordado continuamente, lo que enfrió el ánimo subvencionador del gobierno, quien abandonó a su patrocinado cuando ya había gastado 17.000 libras... a las cuales hay que sumar otras 20.000 adelantadas por Babbage, lo que da alrededor de 40.000 libras (equivalentes, grosso modo, a medio millón de dóla-

res USA actuales), lo cual quizá no sea tan excesivo como pudo parecerse al Almirantazgo británico.

Si bien las máquinas de diferencias no son el precursor directo de los ordenadores, la máquina que Babbage dejó a medio terminar tenía características notables: calculaba funciones de 6.<sup>o</sup> grado con una precisión de 18 cifras, redondeaba los números automáticamente para evitar la acumulación de errores, podía hacer cálculos (de 3.<sup>er</sup> grado) con doble precisión (30 cifras), tenía un dispositivo de detección de errores (que bloqueaba la máquina) y otro de aviso por si se ejecutaba un número especificado de ciclos, y actuaba directamente sobre impresora o molde de estereotipos (para la impresión posterior de las tablas).

Durante la desgraciada construcción de la máquina de diferencias y especialmente cuando perdió sus esquemas y dibujos, Babbage concibió una máquina posiblemente más barata de construir y prácticamente universal en cuanto a cálculos ejecutables. Esta máquina, que ya no pudo interesar al gobierno británico, es un antecesor directo del ordenador. Bautizada *máquina analítica (analytical engine)*, era de hecho un calculador (mecánico) capaz de efectuar cualquier cálculo siempre que le fuera indicado por un programa (llamado *control* por Babbage) registrado mediante tarjetas perforadas (la serie de Jacquard). Y si la entrada (de datos y de programa) era "por ficha" la salida era por impresora, por estereotipo o por perforadora de fichas. La estructura interna de la máquina respondía a lo que hoy se conoce como "arquitectura Von Neumann", con un *control* (el programa en ficha), una *unidad aritmética* compuesta de registros anulares (una rueda por cifra significativa) llamada *mill* y una *memoria* (llamada *store*). La concepción funcional es plenamente moderna; sólo la tecnología, totalmente mecánica, es poco adecuada. El ayudante de Babbage, la hija de Lord Byron, Lady Ada Augusta, condesa de Lovelace, es el primer programador de la historia; sus primeros programas, una suma de series y un cálculo recurrente de los números de Bernoulli, fueron publicados en 1843, así como comentarios de este estilo: "La máquina analítica no puede hacer nada por ella misma. Sin embargo, puede hacer cualquier cosa, siempre que sepamos decirle cómo hacerlo" (subrayado de la autora); o también: "El mecanismo de la máquina analítica no tiene por qué actuar necesariamente sobre números. Si, por ejemplo, la altura de las notas musicales se le expresara matemáticamente, la máquina podría componer e interpretar fragmentos musicales".

No se ha de deducir del hecho de que Babbage no completase nunca su máquina analítica, que el personaje fuese un incomprendido o que la idea se perdiese. Por el contrario, Babbage fue siempre un científico muy bien considerado en los círculos científicos ingleses e incluso en el gobierno. Su idea, extraordinariamente moderna, fue generalmente bien comprendida y estuvo latente durante todo el siglo que debfa transcurrir antes de encontrar una tecnología adecuada que hiciera realizable y todavía práctico el sueño de Babbage, que los contemporáneos encontraron más caro que utópico.

Porque Charles Babbage, personaje muy conocido de la Inglaterra industrial, reformador y progresista, profesor de matemáticas en Cambridge, partidario de la notación de Leibniz en el cálculo diferencial, había partido de la calculadora de este último especializándola en el cálculo de diferencias — un método de aplicación general — y solucionando sus principales problemas: el almacenamiento de los resultados intermedios y la concatenación de operaciones en el tiempo. La concepción y la máquina tienen un precedente, el del alemán J. H. Müller, desconocido por Babbage; pero la solución del último problema citado, *la secuencia*, lo condujo mucho más lejos que cualquier contemporáneo suyo. El perfeccionista Babbage es un personaje interesante para nosotros por muchos otros conceptos. Fundador de la Astronomical Society y de la British Association ("for the Advancement of Science"), publicó un opúsculo sobre "La decadencia de las ciencias en Inglaterra" (1830) y un libro sobre "La economía de las máquinas y las fábricas" (1832) que influyó mucho en los científicos sociales contemporáneos, y especialmente en Marx, y es precursor de los estudios actuales sobre la organización del trabajo y de la empresa surgidos con Taylor. Babbage prefigura la moderna Investigación Operativa tanto por este libro como por los estudios que hizo sobre el funcionamiento y economía del servicio de correos, de la industria de fabricación de agujas o del oficio de tipógrafo en Inglaterra. Aparte de sus máquinas, es el autor del primer oftalmoscopio, de la primera tabla actuarial fiable (de mortalidades), del primer medidor dinamométrico de ferrocarril y, para abreviar, también de un relato autobiográfico literariamente notable ("Life of a Philosopher", 1864). Su máquina analítica, en la cual tan pronto trabajaba como dejaba de hacerlo, fue ampliamente comentada e, incidentalmente, contribuyó a la tecnología de los metales mediante estudios que hoy se hallan en la base de la actual industria de las máquinas-herramienta.

A la muerte de Babbage, su hijo Henry continuó la construcción de la máquina hasta tener una versión a punto que enseñó en 1910 a la Astronomical Society. El informe de una comisión (de la que formaba parte el matemático Cayley) de la British Association encargada de valorar la máquina de Babbage-hijo en 1878 (pa-

ra ver si se la subvencionaba o no) constituye una buena muestra del sentimiento mixto de admiración y perplejidad que el proyecto provocaba: después de alabar el ingenio y los méritos de (Charles) Babbage, afirma que no hay por qué dudar de la utilidad de la máquina, no sólo por "el ahorro de personal en operaciones hoy realizables", sino porque "permitiría realizar otras que hoy no están al alcance del hombre", tras lo cual añade sin embargo que no halla modo alguno de efectuar una estimación razonable de su coste ("probablemente del orden de las cuatro cifras") y da por concluido el asunto cuando, lavándose las manos, afirma prudentemente que hay que dedicarle nuevos informes.

En el siglo actual el esfuerzo de Babbage ha sido, si no muy divulgado, sí generalmente conocido y respetado por científicos cultos o interesados en el cálculo. En particular, influyó mucho sobre el inglés Leslie Comrie y sobre los americanos Wallace Eckert, Vannevar Bush y Howard Aiken —por citar algunos— cuyos nombres hemos encontrado o encontraremos en esta historia respectivamente los años 1929, 1933, 1935 y 1937, todos ellos hombres de gran prestigio y muy influyentes. Pero la máquina analítica inspiró directamente a tres continuadores conscientes: el irlandés PERCY LUDGATE en la primera década del siglo, el español LEONARDO TORRES QUEVEDO (1852-1936) en la segunda y el francés LOUIS COUFFIGNAL en los años treinta. El primero se sitúa en el mismo terreno tecnológico que Babbage e intenta, como él, un calculador mecánico; el mérito de Ludgate es que reinventa o recrea muchos dispositivos en forma original, pero será generalmente desconocido por los contemporáneos y no tendrá influencia sobre los sucesores. Muy distinto es el caso de Torres Quevedo, ingeniero y matemático de renombre internacional. Torres intenta por primera vez seguir fielmente el espíritu de Babbage y a la vez trasladarlo a la tecnología de los relés construyendo diversos ejemplares de calculadoras electromecánicas que presenta en Francia en los años veinte más como demostración de su factibilidad que como máquinas analíticas propiamente dichas (que Torres no construyó sin duda porque no tuvo la necesidad apremiante que representa, por ejemplo, una guerra). Torres consiguió respeto e interés en todas partes y es abundantemente citado, especialmente por Howard Aiken —cuando se plantea en 1937 el construirlo él mismo— como uno de sus ilustres precursores, en la línea de Babbage.

### 3.2 Hollerith (y Watson)

El siguiente personaje de la serie, el americano HERMAN HOLLERITH (1860-1929), un estadístico de Buffalo de origen germano contratado por la oficina federal del censo (la US Census Bureau) en 1880 (a los 20 años), representa la motivación administrativa tanto como Babbage representaba la motivación científica. Cabe recordar que Hollerith vive en una época y país donde las diferentes necesidades de cálculo empiezan a encontrar en la calculadora su solución básica. Hollerith se enfrenta en 1886 con un problema concreto: el censo americano de 1880 aún no había terminado de procesarse; esto implicaba que el censo siguiente, el del año 1890, con un aumento esperable de población de 50 a 62 millones exigiría unos diez años para procesarse, es decir, que coincidiría con el censo de 1900 y los datos serían desaprovechados. Hay que decir que el censo americano de aquella época era esencialmente clasificatorio; hacía inventario por distritos, sexo, religión, etc., y recogía otras varias informaciones útiles, pero de elaboración y confrontación penosa. Y la posible presencia de calculadoras no suavizaba mucho las cosas porque los cálculos a realizar eran relativamente pocos y los errores y las pérdidas de tiempo proliferaban no cuando se calculaba, sino cuando se acumulaban uno a uno los números de cada clase, se reclasificaban o se pasaban los números de la ficha a la hoja de cálculos y viceversa.

La solución de Hollerith al problema fue el diseño de una máquina o, mejor dicho de un sistema, compuesto de una lectora eléctrica de fichas y una unidad tabuladora, aparte de una clasificadora rudimentaria. La lectora, totalmente manual, hacía pasar las fichas sobre mercurio y la presencia de perforación era detectada por unas agujas que cerraban contactos eléctricos, curiosa y razonable adaptación de los mecanismos controlados (mecánicamente) por tarjetas. Estas eran, quizás no haga falta decirlo, las de nuestro viejo conocido Jacquard; pero Hollerith las había convertido en fichas rompiendo el tradicional acordeón como exigía la necesidad de aislar cada ítem-habitante en la confortable soledad de una tarjeta individual asequible e independientemente consultable.\* La máquina o sistema tenía un prodigioso aire de familia en común con la centralita telefónica que en aquellos años comenzaba a abundar en los EE.UU. La operación esencial era la recogida de los resultados acumulados, y con ello el censo ganaba en claridad. Y no sólo en claridad: los errores bajaban en picado. Y sobre todo en rapidez: el censo siguiente, el de 1890, fue hecho en menos de tres años (compárese con el pronóstico catastrofista que le había atribuido diez). La máquina de Hollerith había realiza-

\* Esto es lo que se ha dicho siempre, en realidad las fichas de tabuladora parece que no deben nada a Jacquard, que muy probablemente Hollerith desconocía, y sí ser meramente una adaptación del billete de tren que el revisor perfora, con lo que indica uno de dos estados binarios.

do el milagro. Pudiendo tabular fichas a razón de más de 50 por minuto, conseguía la inaudita productividad de 200 ítems/minuto contra los 2 (¡dos!) por minuto habituales del censo hecho a mano.

El invento de Hollerith revolucionó el tratamiento de datos (administrativos) como simultáneamente lo estaba haciendo la calculadora en el campo de los números. Ambos constituirán la base industrial y tecnológica que el ordenador encontrará cultivado y fértil 50 años más tarde. Las diferentes máquinas contables que nacen de la tabuladora electromecánica de Hollerith inauguran una época de abundancia que inundará las oficinas de estadística, y los ministerios, de "sistemas", es decir, combinaciones diversas de las diferentes máquinas (perforadoras, verificadoras, clasificadoras, intérpretes, intercaladoras, reproductoras, registradoras o tabuladoras) todas sobre la misma tecnología. La industria creada por Hollerith (que en 1896 se establece por cuenta propia para vender el invento a compañías particulares) conocerá una fortuna singular y acabará dominada por una empresa monopolista (la antigua Hollerith, que se convertirá en "IBM") igual que unos años antes había sucedido con la National (Cash Register) en otro campo. La empresa de Hollerith es la Tabulating Machine Co. que en 1911, en una rara operación financiera, queda transmutada en "Computing-Tabulating-Recording" (CTR), curioso espécimen de empresa industrial que vende desde adobadoras de carne y cortadoras de queso (sic) hasta relojes de marcar para fábricas y que en 1914 contrata como director general a THOMAS J. WATSON, un puritano metodista ex-director de la National (la del monopolio de cajas registradoras) que esperaba un juicio finalmente aplazado sobre violación de leyes anti-trust cuando estaba en su antigua empresa. Watson impuso a los vendedores y técnicos de CTR su peculiar sentido de la disciplina y moral de empresa, ejercido con un cierto aire místico y paternalista, que encontramos después en IBM "International Business Machines", el nombre que Watson creó en 1924 siete años después de inaugurar la sucursal del Canadá. Los métodos de venta fueron trasplantados directamente de la National (donde fueron inventados por J. H. Patterson, el presidente y dueño de la empresa) y así pronto los sorprendidos usuarios conocerían un tipo de vendedor vestido elegantemente, con un *bouquet* especial IBM y clara conciencia de pertenecer a la empresa perfecta, un vendedor altamente tecnificado que funcionaba con el eficaz combustible de la "cuota" de fin de año.

A pesar de la estrechez del mercado, rico pero limitado al principio a los gobiernos o grandes empresas, pronto apareció el rival de Hollerith. Fue James Powers, un americano que consiguió ganar en 1908 el concurso de renovación de la maquinaria Hollerith en la oficina del censo, aprovechando los altos precios impuestos por Hollerith. Powers también creó una empresa propia, la "Powers Accounting Machine Co." que en 1927 fue incorporada a la Remington Rand, remoto derivado de la empresa comercializadora de la primera máquina de escribir. Las dos, IBM y Remington Rand crearon el duopolio de las tabuladoras, con notable ventaja de la primera por instalarse fuera del país (mediante venta de patentes o creación de filiales) antes que la rival, y sobre todo por una actitud comercial y tecnológica mucho más agresiva por parte de IBM. A su alrededor sólo sobrevivirán contadas empresas, las concesionarias de patentes Hollerith como la British Tabulating (núcleo de la futura ICL), o excepcionalmente alguna otra como la compañía del noruego Fredrik Rosing Bull, que en 1934 se instalará en Francia como "Cie. des Machines Bull".

La industria de las tabuladoras, hoy bastante subvalorada, fue una prefiguración en muchos aspectos de la futura industria de los ordenadores. El estilo de venta, el tipo administrativo de aplicación, su vinculación con los Estados y empresas gigantes como clientes privilegiados... todo estaba ya presente. Hoy es difícil imaginar la gran extensión del mercado aprovisionable de máquinas contables: en los primeros veinte años del siglo las tabuladoras impregnan y monopolizan la preparación de hojas de ruta de las compañías ferroviarias, las estadísticas actuariales, correlaciones y predicciones de las empresas de seguros, el registro y facturación de clientes de los servicios públicos, la nueva "contabilidad de costes" y el análisis de ventas de las grandes empresas americanas en general y, *last but not least*, el gobierno federal americano sobre todo a partir de comienzos de la primera guerra. Todo ello da lugar a una industria aparentemente sin fisuras que no sólo transita por el crack de 1929 sin perder pie, sino que descubre en esa crisis el origen de un auge irreñible y totalmente insospechado. En efecto, la década de 1930 verá cómo las diversas agencias y "Administrations" creadas por el gobierno rooseveltiano inauguran una extraordinaria abundancia de pedidos. Las máquinas alquiladas en colusión por el tándem IBM-Remington Rand (en proporción 85-15, respectivamente), harán funcionar el mecanismo de un Estado más centralizador que nunca. Y no sólo esto: la contabilidad de las empresas es intervenida y estandarizada por primera vez en la historia americana. En 1935, según una encuesta del gobierno americano, existen en EE.UU. 8.412 perforadoras, 4.106 clasificadoras y 4.303 tabuladoras IBM, todas en alquiler. Es la época de las innovaciones: la tabuladora con mecanismo de multiplicar (llamada "multiplier" o "calculator") o los manuales IBM sobre aplicaciones, que describen al usuario los métodos ya muy probados de solucionar varios problemas de la industria y de la administración por medio de fichas perforadas. Es en esta época cuando IBM, en su fábrica de fichas de Washington

(ciudad máxima consumidora del país), aprovecha papel de la medida del dólar que suministra la fábrica nacional de moneda; la nueva ficha de 3,25 x 7,375 pulgadas, mucho mayor que la corriente de 45 columnas, tendrá 80 y por primera vez Hollerith permitirá registrar también información alfabética gracias a una "zona" superior. En 1935 una nueva ley (la Social Security Act) obligará al gobierno a crear y mantener activas las fichas de 26 millones de americanos, con un movimiento previsto de 500.000 fichas procesadas por día.

El "New Deal" del izquierdista Roosevelt no es la única fuente de satisfacción para Thomas Watson. Estos mismos años ven cómo se despierta el interés de los científicos por la tabuladora, una máquina que a la falta de refinamiento técnico añade una horrenda fama de "máquina de contables". En 1929 a un técnico inglés de la Nautic Almanac Office (el nombre lo dice todo: fabricación de tablas astronómicas para la marina, especialmente la de guerra) de Greenwich, L. J. Comrie, se le ocurre usar una tabuladora para subtabulación, impresión y comprobación de tablas astronómicas, un trabajo antes encargado a calculadoras de sobremesa. El resultado es alentador y enseguida aborda Comrie el cálculo de las posiciones de la luna (cada 12 horas) para el período 1935-2000 usando, verificando y ampliando las tablas lunares de E. W. Brown, calculadas manualmente en 1920. El cálculo, que exige la perforación de medio millón de fichas, es terminado rápidamente y se hace famoso entre los astrónomos. Uno de ellos, el americano Wallace J. Eckert\* se dirige a IBM en 1933 para repetir la experiencia en América. La respuesta de Thomas Watson es inmediata y entusiasta; de ello resultará el diseño de una nueva máquina contable, la *IBM Modified 601 Multiplier* —una agrupación de clasificadoras y tabuladoras IBM conectadas y sometidas a un control secuencial automático mediante un cuadro de cables— anunciado como "máquina para científicos". Eckert recalculará en ella las tablas Brown y más tarde la máquina se usará para calcular las tablas de tiro del bombardero B-29 y simular la estrategia de los convoyes angloamericanos ante el ataque de submarinos alemanes en el Atlántico-Norte.

La satisfacción por el descubrimiento de un nuevo estilo de cálculo es fácil de constatar en la obra de Eckert *Punched-Card Methods in Scientific Computation* (1940), en la que se presenta una nueva época de cálculo abundante y fácil para resolver todos los problemas de los científicos. Una pasión que se refleja también en la fundación del *Thomas J. Watson Astronomical Computing Bureau* (prefiguración del futuro *T. J. Watson Research Laboratory* de IBM) que Watson pone a disposición de Eckert en Columbia y al cual invita, para que lo visiten, a todos los científicos célebres que puede. La fe de Watson en las posibilidades de su máquina en el campo de la ciencia le hará perder una y otra vez la oportunidad de apadrinar la máquina que realmente hará la revolución predicha por Eckert, el ordenador, al que Watson verá como un molesto e imprevisto competidor de sus diseños. La historia del amor contradictorio del gran patrón de IBM por la máquina que no había podido prever condicionará gravosamente los primeros balbuceos de este invento.

### 3.3 Stibitz y Zuse

Efectivamente, la máquina contable no haría la revolución. Era, quizás, un componente. La idea de Babbage de una máquina universal con programa y memoria permanecía omnipresente, pero faltaban los elementos tecnológicos que muy pronto la harían posible por primera vez: *el teléfono y el radar*. El segundo se hará esperar hasta 1943; el primero entra en acción inmediatamente, en 1937. Ya antes de este año se había observado la similitud entre la acción de los relés usados habitualmente en redes telefónicas y el cálculo numérico en notación binaria. Esta analogía, además de sugerente, era fácilmente analizable mediante una extraña aunque coherente lógica descrita en 1854 por George Boole, un inglés contemporáneo de Babbage, de gran influencia sobre los lógicos posteriores. El tema era lo suficientemente interesante como para dedicarle una tesis, como hizo Claude Shannon, un estudiante del MIT, que la terminó en 1937 y la publicó al año siguiente; se llamaba *A Symbolic Analysis of Relay and Switching Circuits* y es la obra que inaugura la nueva ciencia de la *Commutación*. Shannon fue contratado por la A. T. & T., la todopoderosa compañía telefónica americana, en la que en 1948 fundaría la nueva "Teoría de la Información", gracias a un libro, ampliamente divulgado, con Warren Weaver como coautor.

En realidad, la ATT y especialmente su laboratorio de investigación, los famosos *Bell Labs*, estaban corriendo detrás del problema desde hacía tiempo. Habían construido contadores binarios con relés para controlar tiempo y número de llamadas, pero nada todavía que fuera más allá del pequeño registro-acumulador. Sería GEORGE R. STIBITZ, un matemático que trabajaba en la casa, quien construyera diversos sumadores binarios con relés como hobby en su casa. Un sumador decimal que hizo en 1937 (con có-

digo BCD de exceso de tres) fue calurosamente recibido en los Labs y puso en marcha la construcción de un llamado *Complex Calculator* durante los años 1937-39. Hay que decir que las necesidades de cálculo de los Bell Labs eran atterradoras (diseño de circuitos y de todo tipo de dispositivos, cálculo de equilibrio y dimensionamiento de redes, minimización de pérdidas e interferencias, etc.) y que eran complicadas por el hecho de involucrar a la aritmética de números complejos (de ahí el nombre "calculador de complejos"). La nueva máquina no debía nada prácticamente a las tabuladoras, respecto a las que representaba una cierta ruptura: tenía un teletipo como entrada y trabajaba internamente en binario (codificando los decimales y operando en exceso de tres). El 8 de enero de 1940 comenzó a funcionar a pleno rendimiento, y durante el mismo año se construyeron dos más. La Bell tenía fe en ella, y muy pronto dejaría de ser la única en tenerla. En la reunión de la American Mathematical Society, de aquel año, a celebrar en el Darmouth College, en Hannover, New Hampshire (a unos 400 Kms. de Nueva York), la Bell presentó oficialmente su calculador a los matemáticos reunidos; en realidad, en Hannover sólo había un teletipo que permitía la comunicación, ya que la máquina estaba en su lugar habitual, en Nueva York. La conexión, *por cable telefónico*, no sólo prefiguraba una época futura de cálculo a distancia sino que dejó profundamente impresionados a todos los presentes, hasta el punto que durante los años de guerra, los científicos americanos consideraron esta máquina —junto con *el analizador diferencial* de Bush— como el inicio de una nueva generación de calculadores.

Al *Complex Calculator* Stibitz le añadió enseguida una serie de cuatro sucesores, cada uno mejor y más universal que el anterior. Los diferentes diseños van desde 1942 a 1945, por más que el autor tuviera pensadas las mejoras desde 1938. Así, en 1940 Stibitz concibe un calculador de polinomios y otras expresiones algebraicas operando según *instrucciones* introducidas por el teclado del teletipo o por *cinta de papel* telegráfica de 5 canales. En este diseño, llevado a la práctica en el *Modelo 2* de 1943, encontramos el viejo designio de Babbage materializado por vez primera en una máquina real en la que no faltaba tampoco el concepto de *biblioteca de programas* en forma de repertorio de cintas. Pero Stibitz no es solamente el primero en hacer *teleproceso, programas y bibliotecas*; también es el autor de un dispositivo que permite la búsqueda de una dirección concreta en cinta, en la que encontramos la primera forma de *bifurcación*, idea de Babbage que Stibitz recrea y sistematiza en "condicional" e "incondicional", tal como hoy en día.

Hemos dedicado un espacio desacostumbrado a Stibitz porque la historiografía corriente habla de él en la medida inversa al espacio que utiliza para elogiar a Aiken y el Mark. Este curioso fenómeno, quizás hoy menos frecuente, tiende de manera especial a olvidar el gran impacto real que tuvieron las máquinas que ahora llamamos (cuando ya son objetos de museo) *Bell Relay Computers* especialmente entre los matemáticos, colegas de Stibitz y vitalmente representados en los organismos de coordinación ciencia-gobierno-ejército (durante la guerra) por hombres del prestigio de Warren Weaver, futuro colaborador de Shannon.

Y aún habría que hablar, para no cometer pecado grave de omisión, del alemán Konrad Zuse, contrafigura europea, hasta cierto punto, de Stibitz. Zuse, reivindicado por Servan-Schreiber como el padre europeo de la informática, trabajó en condiciones muy diferentes a las de Stibitz, en una Alemania nazi nada entusiasta de su esfuerzo pionero (falta de perspectiva que recuerda el increíble error de sus científicos respecto a la futura bomba A). El trabajo de Zuse es especialmente meritorio porque, en el contexto de aislamiento y falta de apoyo en que se encontró, tuvo que reinventar, como quien dice, mucho de lo que en otros países era ya moneda corriente y motivo de amplias y creativas discusiones: la concepción global de Babbage, la coma flotante de Torres Quevedo o la aritmética binaria de Couffignal o Shannon. Esta circunstancia realza más aún sus realizaciones pioneras, en parte paralelas a las de Stibitz pero llevadas más lejos y más acabadas que las de éste: el primer *calculador programable universal* completo y reconocido como tal, el Z3 de 1941, aproximadamente equivalente al Mark de Harvard de 1944 pero más pequeño y ligeramente más rápido, binario, con coma flotante y memoria (mecánica) de 64 palabras de 22 bits, 7 de exponente y 14 de mantisa (más el signo). Zuse incluso propuso construir esta máquina en versión electrónica (ya en 1939), pero el veto oficial al proyecto impidió que el primer calculador electrónico se construyera en Alemania antes que en Estados Unidos (Zuse lo construyó sin embargo en parte, lo que representa un precedente histórico del ENIAC). Con Stibitz, Zuse fue también el primer materializador de la idea de Babbage de *programa*, que llamaba *plankalkül* y que contenía el concepto de "programación" (*rechenplananfertiigung*) y de "lenguaje" que más adelante desarrollarían discípulos alemanes y suizos de Zuse (especialmente Heinz Rutishauser) alrededor de 1950, en paralelo con los americanos (Von Neumann, Goldstine) y los ingleses (Maurice Wilkes). Está todavía por estudiar el mérito propio y la influencia de Zuse en la informática europea posterior. Puede apuntarse que esta influencia fue, sin embargo, indirecta, a través de la GAMM (un grupo de matemáticos con interés en aplicaciones llamada "Gesellschaft für angewandte Mathematik und Mechanik") que incluía gente de Zurich, Munich, Maguncia y Darmstadt que construía

\* Quien a pesar de la rareza de su nombre, no tiene nada que ver con John Prespert Eckert, el colaborador de Mauchly a partir de 1942.



y usaba pequeños calculadores durante la década de los 50 (uno de ellos, significativamente, era un *Zuse Z22*, bautizado más tarde como *Siemens 2002*), que publicaba artículos influyentes en revistas del ramo (como por ejemplo, Rutishauser, que escribió dos, en 1951, muy leídos en todo el mundo, sobre "programación"), y que finalmente —hacia los 60— convergió con sus homólogos americanos e ingleses en el comité Algol de 1958. Sus nombres los encontramos a lo largo de la historia del software, sobre todo a partir de los años cincuenta, y se prolongan mucho más recientemente en la escuela europea de los Wirth, Naur, Dijkstra, Brich Hansen, Dahl, etc.

### 3.4 Aiken (y Watson)

El último predecesor de los calculadores electrónicos modernos es un extraño animal fabuloso con dos padres (Harvard e IBM) y dos nombres (*Mark* y *ASCC*), resultado de dos visiones del mundo personalistas y fuertemente incompatibles, las de Howard H. Aiken y Thomas J. Watson. Será la última máquina de relés, es decir, electromecánica (y por consiguiente esencialmente "telefónica"); para muchos, será la única que existió con esta tecnología, el producto genial del sabio Aiken o del visionario Watson (según sea la fuente del elogio, universitaria o de IBM, respectivamente). Todos le hacen desempeñar el papel de pivote y prefigurador de la vecina era informática, cuyo origen sitúan los primeros en la universidad o, los segundos, en Thomas Watson y las fichas perforadas. Unos aducen como prueba incontestable el hecho de que este cuasi-ordenador fue concebido por mentalidades científico-teóricas de tipo universitario; los otros toman por demostración palpable que sin una visión organizativa industrial no habría sido posible la revolución informática. En todo caso, la máquina en cuestión ha salido quizás demasiado bien parada en relación a sus méritos históricos reales. Está claro que uno de estos méritos, indiscutible, es que se trata seguramente de la primera máquina concebida desde el principio como *calculador universal*; no que lo sea, sino que lo pretende. Además, la pretensión tiene un sentido exclusivista: es la máquina universal, como si sólo pudiera ser de una forma y ésta fuera justamente la prefigurada por Aiken. El *Mark I* ("I") porque hubo más) fue, eso sí, el proto-ordenador más regado con dólares (un total de cinco millones) y entusiasmo de esta historia —que cierra— de la pre-informática. Pudo, con motivo, ser la máquina más ambiciosa y universalista; pero tampoco dejó de ser un proyecto de ejecución difícil, en el que el estira y afloja entre el equipo de Aiken y los hombres de IBM fue continua. Fue un amor imposible que acabó después de la presentación pública del invento, cuando Aiken decidió seguir adelante (sin IBM y *contra* IBM) una serie de otros dos Marks mientras Watson —sumamente decepcionado— oscilaba indeciso entre el abandono, la reanudación (una segunda máquina llamada *SSEC*) o el simple ataque a otras iniciativas (como el ENIAC, que abría una nueva línea —la definitiva— que Watson no valoraría lo suficiente hasta mucho más tarde). Pero vayamos por partes.

HOWARD HATHAWAY AIKEN (1900-1973), de Harvard, condecorador y admirador de Babbage (y Torres), se movía en 1939 en el mundo, común a sus colegas americanos, de la necesidad apremiante de cálculo *rápido* y de las dos nuevas herramientas que aparecerían para resolver el problema: el *calculador analógico* de V. Bush (una de cuyas versiones estaba a punto de instalarse en el vecino MIT) y el *calculador "de complejos"* de Stibitz (un auténtico *calculador universal*, como hemos señalado). Todo ello, en un ambiente caracterizado por la búsqueda constante, sobre todo por los físicos, de nuevos medios de cálculo innovadores (es el caso de Atanasoff o Mauchly, aunque Aiken no les conociera) y de experimentación, especialmente por parte de los ingenieros, en la dirección señalada por Shannon (y seguida por Stibitz) de relacionar los relés con el álgebra binaria. Los experimentos personales de Aiken en esta línea le convencieron de la posibilidad de concebir y construir un *calculador de relés* plenamente universal, obra que ya había pensado y descrito en 1937 y que puso en marcha en 1939. El proyecto no fue más lejos hasta que Harlow Shapley, el prestigioso astrónomo de Harvard, visitó el Thomas J. Watson Astronomical Computing Bureau invitado por IBM. De ahí arranca el comienzo por parte de Watson del proyecto de Aiken y el inicio de la tempestuosa relación entre los dos hombres. Watson accedió a financiar la máquina y a aportar ayuda técnica en forma de ingenieros de la casa, que colaboraron brillantemente a traducir de manera realista la idea de Aiken. Este último, por otra parte, consideró la máquina como obra propia y producto meramente universitario, con Thomas Watson como simple mecenas del proyecto. El diseño y construcción del *Mark* les ocupó desde 1939 hasta bien entrado 1944. La máquina, conocida como *Mark* por los de Harvard, fue bautizada como *Automatic Sequence Controlled Calculator* o *ASCC* en IBM y presentada en público en agosto de 1944.

El *Mark I* tenía una memoria de 72 posiciones decimales, consistente cada una de ellas en 24 "ruedas de contador" de diez posiciones (una para cada cifra posible). Cada rueda representaba una cifra y cada registro de memoria admitía 23 cifras significativas más el signo. Las posiciones de memoria era de hecho registros acumuladores, que permitían operaciones aritméticas. Cada rueda estaba conectada a un eje en rotación constante por un embrague

electromecánico accionado por relé, y la lectura se hacía por electrodo de contacto sobre las diez posiciones de la rueda. Una suma entre las ruedas A y B, por ejemplo, consistía en la acción del electrodo lector de B sobre el relé que actuaba en A. Además de las 72 posiciones "activas" de memoria, había 60 posiciones más para constantes, fijadas manualmente por medio de conmutadores. El programa consistía en instrucciones de 24 cifras (decimales), introducidas por cinta perforada. Los datos se introducían, en cambio, por conmutador manual o por ficha perforada. Las funciones necesarias para el cálculo se definían en cinta, bien por medio de tablas, bien por subrutina. No existía un concepto claro y moderno de programación como el prefigurado en los últimos modelos (algo posteriores) de Stibitz; no existía, por ejemplo, la posibilidad de bifurcación y por lo tanto de cálculo iterativo definido por fórmula recurrente.

El "hardware" (permítanos el anacronismo) del *Mark I* consistía, en total, en 250.000 piezas y 800 km de cables. La adición —o sustracción— de dos números (de 23 cifras decimales más signo) le costaba medio segundo. La multiplicación de dos números de diez cifras ya subía a seis segundos, mientras que el esfuerzo supremo de la división le exigía no menos de diez segundos. Ocupaba 15 metros de largo por 2,5 de alto, pesaba dos toneladas y presentaba, al visitante, una fachada constituida por armarios de cristal y teletipos. Un observador describió el efecto que le causó su funcionamiento como si detrás hubiera una sala llena de viejas haciendo ganchillo (por el ruido característico de la caída de relés).

La inauguración, en Harvard, días después de que Watson donara formalmente la máquina, y patentes adjuntas, a la universidad, comenzó con unas palabras de Aiken, en las que, reconociendo a los tres principales ingenieros (de IBM) colaboradores del proyecto como co-inventores de la máquina, no se refirió en absoluto a Watson o a su mecenazgo. Este, muy ofendido, mandó que se iniciara inmediatamente en IBM la construcción de una nueva máquina (que acabaría siendo el *SSEC*). Los principales expertos de la casa, Eckert y Herbert Groesch (un recién llegado, también astrónomo) del Watson Laboratory de IBM en Columbia, así como John McPherson, habían estado considerando las aplicaciones posibles para el insólito potencial de cálculo del *Mark*. Sus contactos con un amplio abanico de consumidores de cálculos que abarcaba desde científicos universitarios a militares pasando por el proyecto Manhattan (la bomba A) en Los Alamos les habían convencido de la amplitud y generalidad de la demanda de cálculo que exigía —y ahora podía— ser satisfecha. Aiken, por su parte, faltó totalmente de imaginación por lo que respecta a las posibles aplicaciones del *Mark*, cortó de raíz todas estas especulaciones, reclamando la máquina en exclusiva, apartando totalmente a la gente de IBM de ella y destinándola sólo al cálculo de tablas navales o varias otras funciones matemáticas, tablas éstas muy voluminosas (unos quince tomos) y no muy interesantes, que Aiken vendió a todas las universidades del país y que habían sido programadas por él y Grace Hooper (una pionera de la programación, en la línea de Ada Lovelace, a la que volvemos a encontrar en Univac en los años cincuenta). Las aplicaciones más realistas que la gente de IBM proponía no se realizarían hasta más tarde, cuando en 1948 se ofreciera el *SSEC* a toda la clientela interesada en utilizarlo, en el centro de cálculo de IBM, en Nueva York.

Desde el punto de vista técnico el diseño del *Mark*, como primeramente con vocación universal, es clásico. Se encuentran involuntariamente sus trazas en el ENIAC, su superador electrónico que, inaugurado en 1946, estaba en fase de construcción en 1942 en otra universidad, la de Pennsylvania. En efecto, en éste encontramos de nuevo, como un eco lejano, las ruedas de contador, ahora llamadas "contadores anulares" y ya totalmente electrónicas y desvinculadas de la tecnología telefónica. El ENIAC era claramente más modesto en apariencia y pretensiones: los 72 registros de memoria del *Mark* se quedan aquí en 20, pero en versión electrónica (aún decimal). De repente, los clics y clacs continuos típicos de la máquina-escaparaté de Harvard abrían el paso a una nueva sensación, la del silencio y el susurro lejano del aire acondicionado exigido por el calor tórrido generado por la fuerte disipación de los tubos, junto con una necesidad insaciable de recambios para unas válvulas acostumbreadas a fundirse persistentemente, que caracterizarían visiblemente la primera bestia electrónica de la historia. La mentalidad del ENIAC es la del radar y la electrónica, nueva tecnología poco fiable aún pero revolucionariamente rápida. De hecho, el ENIAC abrirá la nueva etapa que hoy conocemos como *informática* y, sin quererlo, dejará la pretenciosa máquina de Harvard-IBM (y sus sucesores) en la categoría de los "precursores", un poco al modo de los viejos dinosaurios. El ENIAC es ya algo distinto. Nos ocuparemos de él, si se quiere, más adelante.

Ton Sales