

REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS

PUBLICACION TECNICA DEL CUERPO DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

DIRECTOR

D. MANUEL MALUQUER Y SALVADOR

COLABORADORES

LOS INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

SE PUBLICA LOS JUEVES

Dirección y Administración: Plaza de Oriente, 6, primero derecha.

Sobre un nuevo sistema de máquinas de calcular electro-mecánicas.

POR EL INGENIERO DON LEONARDO TORRES QUEVEDO

I

Esta conferencia (1) es el complemento de una comunicación que, con el mismo título, presenté á la Sección de Ciencias Matemáticas y Físicas del Congreso Científico de Buenos Aires el día 15 de Julio de 1910.

En ella expuse algunas consideraciones generales sobre los procedimientos de automatización mecánica que permiten substituir con frecuencia al trabajo inteligente del obrero el trabajo puramente mecánico de una máquina, y á continuación—refiriéndome ya concretamente á las máquinas de calcular—manifesté haber llegado al convencimiento de que es posible construir un autómata que ejecute una serie determinada de cálculos, por complicados que sean, sin auxilio de operador ninguno, de tal forma que basta inscribir los datos para que el autómata calcule—é imprima si se quiere—los resultados.

Careciendo entonces de tiempo para fundamentar esta opinión, me ofrecí á completar mi trabajo en una conferencia especial, y ese es el motivo que ahora nos reúne.

No me propongo, ni me sería quizá posible, dar una demostración absolutamente general y completa de aquella afirmación.

Me limitaré á demostrar su exactitud con relación á algunos casos particulares, que tomaré como ejemplos; pero los procedimientos indicados son siempre aplicables, y creo que mis oyentes los generalizarán sin dificultad.

Cada uno de estos autómatas, tal como yo le concibo, ha de realizar todas las operaciones aritméticas (adición, sustracción, multiplicación y división); ha de tomar nota de los datos y de los resultados parciales que deban figurar más adelante en los cálculos, ha de inscribir los resultados obtenidos... ha de efectuar, en suma, distintas operaciones por medio de aparatos elementales adecuados: aritmómetros, inscriptores, máquinas de escribir ó de imprimir, etc. Pero, además, ha de ordenar todas estas opera-

ciones, realizando cada una de ellas en el momento oportuno.

La construcción de los aparatos elementales sólo ofrece—y creo que esta es la opinión más admitida—dificultades de orden práctico, pero, se piensa, generalmente, que es del todo imposible, aun dentro del terreno puramente teórico, que el autómata regule la marcha de las operaciones, sobre todo cuando esta marcha depende de los resultados que va obteniendo en sus cálculos. Por eso el objeto principal, y casi exclusivo de mi conferencia, es hacer ver la posibilidad de realizar esta coordinación automática.

Los aparatos elementales representados en mis esquemas no podrían construirse en las condiciones prácticas necesarias; pero los principios en que se fundan son perfectamente aplicables en teoría, y esto bastará por el momento; al terminar diré algo del camino que puede seguirse para llegar á resultados prácticos. En cambio, los medios indicados para realizar la coordinación, aunque presentados en forma esquemática, son, á mi juicio, susceptibles de aplicaciones útiles.

II

Para simplificar los esquemas de los autómatas calculadores, que son siempre máquinas muy complicadas, he acudido á algunos artificios que creo necesario explicar antes de describir ningún aparato.

En los dibujos esquemáticos se representan, generalmente, las conexiones eléctricas por líneas, que figuran alambres y reúnen unas y otras todas las piezas metálicas que deben estar en contacto permanente. Este procedimiento, clarísimo en los casos más sencillos, obliga, cuando se trata de esquemas muy complicados, á trazar verdaderos laberintos, en los cuales es muy difícil seguir con la vista un circuito, porque el gran número de líneas y su proximidad hace que fácilmente se confundan unas con otras. Al trazar mis esquemas prescindiré de representar algunos de estos conductores, pero cuidaré de advertir que las dos piezas unidas por él están en contacto; sea diciéndolo al describir la figura, sea indicándolo en la figura misma por medio de algún símbolo ó de alguna anotación gráfica convenida de antemano. Por ejemplo, he suprimido en los esquemas la pila ó dinamo que ha de suministrar el flúido eléctrico, y, en cambio, he representado por un signo $+$ ó $-$ encerrado dentro de un círculo π ó ν (fig. 2.^ª),

(1) Explicada en el Centro Nacional de Ingenieros de Buenos Aires y publicada en *La Ingeniería* de dicha capital.

un plot que se halla en contacto permanente con el polo positivo ó negativo), y que llamaremos plot (positivo ó negativo); he representado luego en cada figura tantos plots de esta clase como he creído necesarios y he unido á uno de ellos cada una de las piezas del aparato que debe estar constantemente en comunicación directa con la pila. Con esto se suprimen muchas líneas, todas las que irían de los plots positivos ó negativos á la pila y resultan los esquemas mucho más claros.

Ocurre con frecuencia que se encuentran en comunicación constante dos piezas metálicas que pueden moverse, la una con relación á la otra; la comunicación se establece por medio de colectores, de conductores flexibles, ó por otros procedimientos, bien conocidos, cuya realización complica más ó menos la construcción, pero no ofrece nunca dificultad teórica. Por eso no he seguido la costumbre de representar—aunque sólo sea en forma rudimentaria—los medios de establecer la comunicación; me he limitado á indicar que la comunicación existe de la misma manera que lo indico cuando se trata de piezas fijas: uniéndolas por una línea análoga á las que sirven para representar los conductores; advirtiendo, al describir la figura, que la comunicación existe, aunque no se haya representado, ó expresándolo en el esquema mismo por alguna anotación gráfica claramente definida.

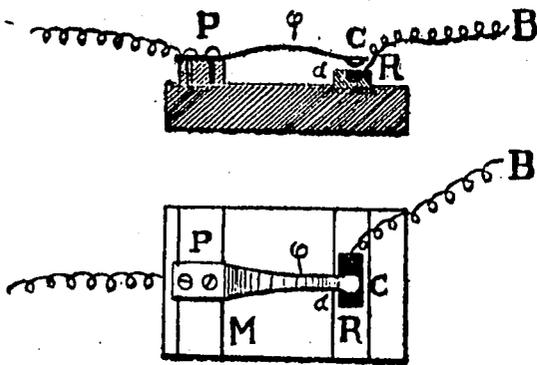


Fig. 1.ª

Se acude muy á menudo, para establecer la comunicación entre dos piezas movibles, la una con relación á la otra, al empleo de una escobilla tal como la φ (fig. 1.ª), fija por su pie, p , en la pieza M y cuya cabeza lleva un frotador que se apoya en la regla R . Esta, que puede moverse longitudinalmente, lleva incrustado en ella un plot α , el cual según la posición de la regla, se halla ó no en contacto con el frotador de la escobilla. También pudiera ocurrir que el contacto persistiera constantemente, á pesar de los movimientos de la regla; pero, en este caso, ateniéndose á lo que he dicho antes, no será necesario representar la escobilla; en el dibujo aparecerá el conductor A unido directamente al plot α . Las únicas escobillas que nos interesan, las únicas que han de representarse en los esquemas son las que al variar de posición alteran las conexiones eléctricas, y en este caso las representaré siempre de la misma manera, conforme se indica en la figura 2.ª, cada una por una recta que termina por uno de sus extremos en un trazo corto y grueso (el pie) y por el otro en un punto negro (el frotador).

En la figura 2.ª están representadas como ejemplo é ilustración de lo que acabo de decir: una placa fija M , que lleva un plot β y una escobilla φ y una regla R que puede resbalar longitudinalmente y lleva dos plots α , α' y una es-

cobilla φ . Actualmente se hallan en comunicación por medio de la escobilla φ el conductor m' con el m y φ por medio de la escobilla φ' el conductor n con el plot positivo π . Si suponemos que la regla se corre hacia arriba, hasta que el plot α se ponga en contacto con el frotador de la escobilla φ el plot positivo quedará aislado del conductor n , y en cambio el m comunicará con el plot negativo.

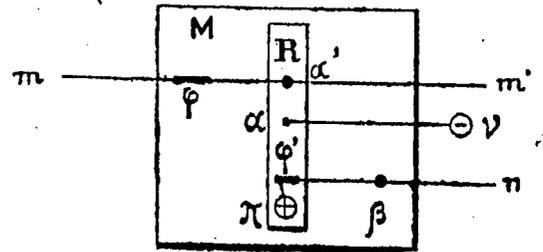


Fig. 2.ª

No hay peligro de que las conexiones representadas por las líneas α' , μ' , α , ν entorpezcan el movimiento de la regla R ; ya he dicho que cada una de estas líneas no representa un conductor material; un alambre se ha puesto sólo para indicar la existencia de una comunicación eléctrica compatible con el movimiento. Y esto mismo puede aplicarse á la manera de establecer el contacto entre el plot π y el polo positivo de la pila.

III

Antes de proceder á la descripción de los autómatas calculadores será conveniente dar á conocer los aparatos elementales que han de figurar en los esquemas.

Inscriptor.—Una cantidad se representa de ordinario mecánicamente por el movimiento de un índice con relación á una escala graduada. En los autómatas electromecánicos, que voy á describir, conviene considerar también la representación eléctrica de una cantidad; para realizarla se utiliza un haz de conductores, en el cual haya uno de éstos correspondientes á cada uno de los valores que puede afectar la cantidad representada, y se pone en comunicación un plot positivo con el conductor correspondiente al valor que se quiere representar. A este le designaremos el nombre de «conductor activo».

Así, en cualquiera de los dos haces m ó m' (fig. 3.ª), el valor actualmente representado es 3, porque el conductor que lleva ese número es el que está en contacto con el plot positivo.

El esquema 3 indica uno de los muchos medios que pueden emplearse para pasar de un sistema de representación á otro. La regla A , en forma de T , guiada por los cuatro rodillos r se mueven longitudinalmente, arrastrando el índice I que señala sobre la escala graduada el valor representado; pero al realizar la representación mecánica moviendo esta regla, obtendremos también la representación eléctrica del mismo valor en el haz m , porque el aparato está construido de manera que la escobilla e se ponga siempre en contacto con el conductor correspondiente al valor señalado por el índice sobre la escala.

Veamos ahora la manera de realizar la operación inversa, el paso de la representación eléctrica á la representación mecánica.

La regla A lleva dos electroimanes E , E' , cuyas armaduras son las palancas acodadas B , B' , y lleva además dos

IV

brazos c, c' , en los cuales van los resortes antagonistas p, p' y los toques τ, τ' que limitan la carrera de las armaduras. Entre los brazos horizontales de las armaduras, y casi tocando con ellas, cuando los electroimanes están inertes, gira lentamente el disco D en el sentido indicado por la flecha. Si el electro E ó E' atrae á su armadura, el brazo horizontal de ésta se apoya sobre el disco el cual le arrastra por rozamiento (1) y hace que la regla A marche hacia la izquierda ó derecha.

He creído necesario describir, aunque sólo sea muy someramente, el aparato (fig. 3.^a), para fijar las ideas de mis oyentes acerca de lo que ha de entenderse por representación eléctrica de una cantidad y para indicarles más claramente la relación que ha de existir entre los haces m y m' . En realidad, para la inteligencia de los aparatos que he de describir más adelante, sólo es necesario recordar que para

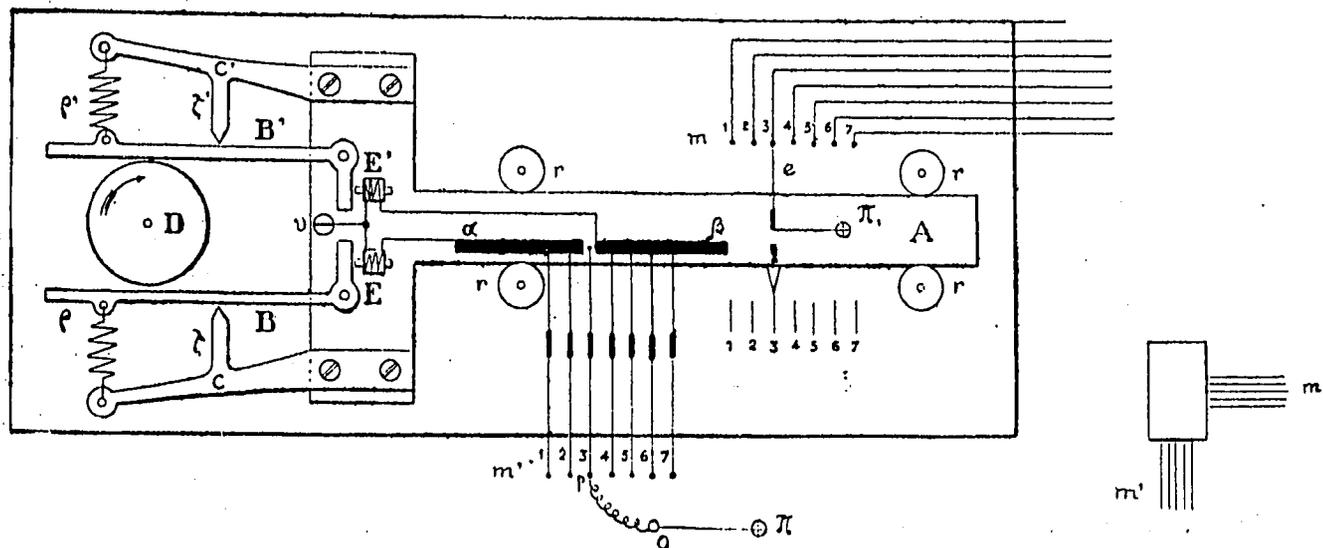


Fig. 3.^a

En el haz m' , puede representarse un valor particular cualquiera. Supondré, por ejemplo, para fijar las ideas, que el conductor flexible o lleva en p una clavija que puede clavarse en el extremo de uno cualquiera de los conductores del haz. Cada uno de estos conductores termina en una escobilla, cuyo frotador puede hallarse en contacto con uno de los plots α ó β ó quedar aislado entre ambos. En la posición actual del aparato no pasa corriente alguna, porque la escobilla del conductor 3 está aislada; pero supongamos que se representa en m' otro valor cualquiera: que se pone la clavija p en comunicación con uno de los conductores 1, 2, — 4, 5, 6, 7, pasando por el plot positivo π al negativo ν pasando por el plot α ó β y por el electroimán E ó E' , de suerte que la regla marchará hacia la izquierda ó derecha, y este movimiento persistirá hasta que el frotador de la escobilla correspondiente al conductor activo quede aislado entre los dos plots α y β . Es decir —según se ve claramente en la figura— hasta que el mismo valor que hemos representado en m' quede también representado en el aparato mecánicamente, por la posición que ocupe la regla A ; y eléctricamente por el conductor que pone en comunicación con π la escobilla e .

inscribir permanentemente un valor determinado en el haz m basta representarle durante un momento en m' .

Los mecanismos propuestos para conseguir este resultado podrían en rigor funcionar, pero no tienen valor práctico ninguno.

Cada uno de los haces m, m' consta de siete conductores y este es el número de valores particulares que pueden afectar las cantidades en ellos representadas. En vez de siete conductores podríamos haber puesto algunos más, en teoría no hay límite ninguno, pero es evidente que la construcción del aparato sería absolutamente imposible si el número de conductores hubiera de contarse por millones ó por millares de millones, como sería necesario para representar por este sistema números de varias cifras. Esta dificultad se presenta igualmente en todos los aparatos que describo á continuación; ninguna de las soluciones indicadas puede llevarse á la práctica, si no es para aplicarlas en ciertos casos en que los números que intervengan en las operaciones sean sumamente pequeños; por ejemplo, números dígitos, pero todas ellas son completamente generales desde el punto de vista teórico, y esto es lo único que por el pronto nos interesa.

Este valor sigue representando en m , es decir, queda inscrito en el aparato, aunque se levante la clavija p y se corte toda comunicación entre el polo positivo y los conductores del haz m' . Cuando se quiera inscribir otro valor distinto, bastará representarle en el haz m' , el tiempo necesario para que se verifique la maniobra ya explicada, es decir, para que la regla A pase á su nueva posición.

Para simplificar los esquemas representaré en ellos el inscriptor (fig. 3.^a) por el símbolo (fig. 3.^a), en el cual se ven únicamente los dos haces m, m' ; no hace falta repetir en todas las figuras los mecanismos descriptos, ni puedo haber duda ninguna acerca de la significación de este símbolo, si se recuerda lo que he dicho en el párrafo anterior.

(1) También podrían labrarse dientes en la periferia del disco y en el brazo horizontal de la armadura.

V

Aritmómetros.—Una operación aritmética puede ejecutarse automáticamente de muchas maneras; la figura 4.^a indica un procedimiento automático absolutamente general.

A y B son dos reglas análogas á la A de la figura 3.^a Se han suprimido en el dibujo los electroimanes, las palancas acodadas, el disco D y los rodillos r ; pero hemos de suponer que cada una de las reglas está provista de todos estos elementos, de suerte que si representamos un valor numérico en el haz $\frac{m}{n}$, la regla $\frac{A}{B}$ se correrá hasta la posición que le corresponda para representar este mismo valor. La regla B lleva una escobilla e , que se halla en contacto permanente con el plot positivo π , cuyo frotador se apoya sobre el cuadro T , unido invariablemente á la regla A . En el cuadro T van varios plots formando una cuadrícula. La posición del frotador sobre el cuadro, y, por consiguiente, el plot que se pone en contacto con esta escobilla, dependen de la posición de las reglas A y B , es decir, de los valores representados simultáneamente en m y n . En otros términos, hay un plot correspondiente á cada par de valores. Actualmente tenemos representados, en m el valor 3 y en n el valor 4, y por eso el frotador está en contacto con el cuarto plot de la tercera fila y establece la comunicación entre este plot y el plot positivo.

Por otra parte, cada plot del cuadro T está en comunicación con uno de los conductores del haz P , de suerte que á cada par de valores representados simultáneamente en los haces m n , corresponde un valor representado en p , el cual depende de los dos primeros, según una ley impuesta arbitrariamente al establecer las conexiones entre los plots del cuadro T y los conductores del haz p .

Claramente se ve la analogía de este aparato con un ábaco, ó con una tabla de doble entrada. De los datos que se representan en m y n se deduce automáticamente el resultado que queda inscripto en p .

VI

El aparato (fig. 4.^a) es una máquina de multiplicar según se desprende claramente del examen de la figura. Actualmente uno de los factores es 3 y el otro es 4, y por eso el producto vale 12.

Sucede con este aparato lo mismo que con el inscriptor; no es necesario dibujarle con detalle en los esquemas de los autómatas, bastará que aparezca en ellos en la forma que indica la figura 4.^a m .

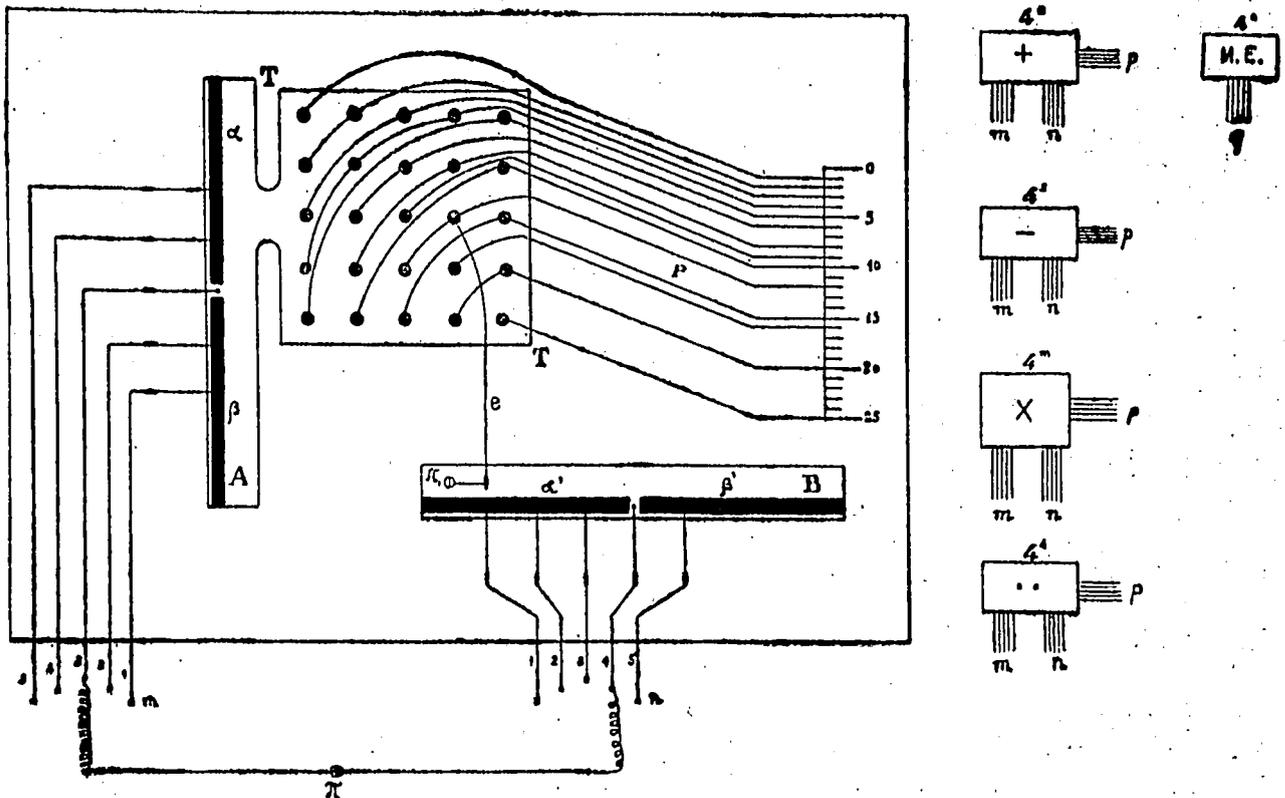
La significación de este símbolo no ofrece duda ninguna: quiere decir que *para inscribir permanentemente un producto en el haz p , basta representar durante un momento uno de sus factores en m y el otro en n .*

Cada una de las reglas A B representará, por su posición en un momento dado, el último número que se representó en el haz correspondiente y, por consiguiente, tendremos representado en el haz p el producto de estos dos números hasta que cambie la posición de alguna de las reglas, es decir, hasta que se inscriba en m ó en n un nuevo factor.

Es evidente que el mismo aparato (fig. 4.^a) se convertirá, cambiando las conexiones entre los plots del cuadro T y los conductores del haz p en una máquina de sumar, de restar ó de dividir (1), y cualquiera de éstas se representará por el mismo símbolo, cambiando únicamente de un caso á otro el signo de la operación (figs. 4.^a a, 4.^a s, 4.^a d).

Cuando se trata de la multiplicación como el producto es una función simétrica de los dos factores, se puede representar cada uno de éstos en uno cualquiera de los dos haces m n , y lo mismo ocurre en la adición; pero en las adiciones inversas cada una de las cantidades que en ellas intervienen ha de tener necesariamente un sitio marcado, que dependerá de la construcción del aparato.

(1) Claro es que un aparato de esta especie sólo podrá dar el cociente entero. Podría disponerse de manera que diese también el resto, pero no es ocasión ahora de entrar en estos detalles.

Fig. 4.^a

Supondremos, para evitar toda duda en la interpretación de los símbolos, que se representa siempre en el haz m ó, mejor diremos, en el haz de la izquierda, porque las letras m y n no figurarán en los esquemas de los autómatas el minuendo cuando se trata de la substracción y el dividendo cuando se trata de la división, dejando, naturalmente, para el haz de la derecha el substraendo y el divisor.

VII

Máquina de escribir.—Será necesario que el autómata disponga de una máquina para anotar los resultados de sus cálculos, y ésta la representaremos en los esquemas por el símbolo ϵ , cuya significación se comprende fácilmente.

alineados en una cinta por el orden en que se imprimieron, como sucede, por ejemplo, en los despachos telegráficos transmitidos por el aparato Hugues.

VIII

Coordinación constante.—Consideremos, como primer ejemplo, un caso sumamente sencillo, un autómata destinado á calcular la fórmula

$$\alpha = a x (b + y),$$

es decir, á obtener el valor de α correspondiente á determinados valores particulares de las otras cuatro cantidades; y supongamos que los valores dados han de ser siempre positivos, para que las operaciones que han de ejecutarse sean siempre las mismas, es decir, para que no sea

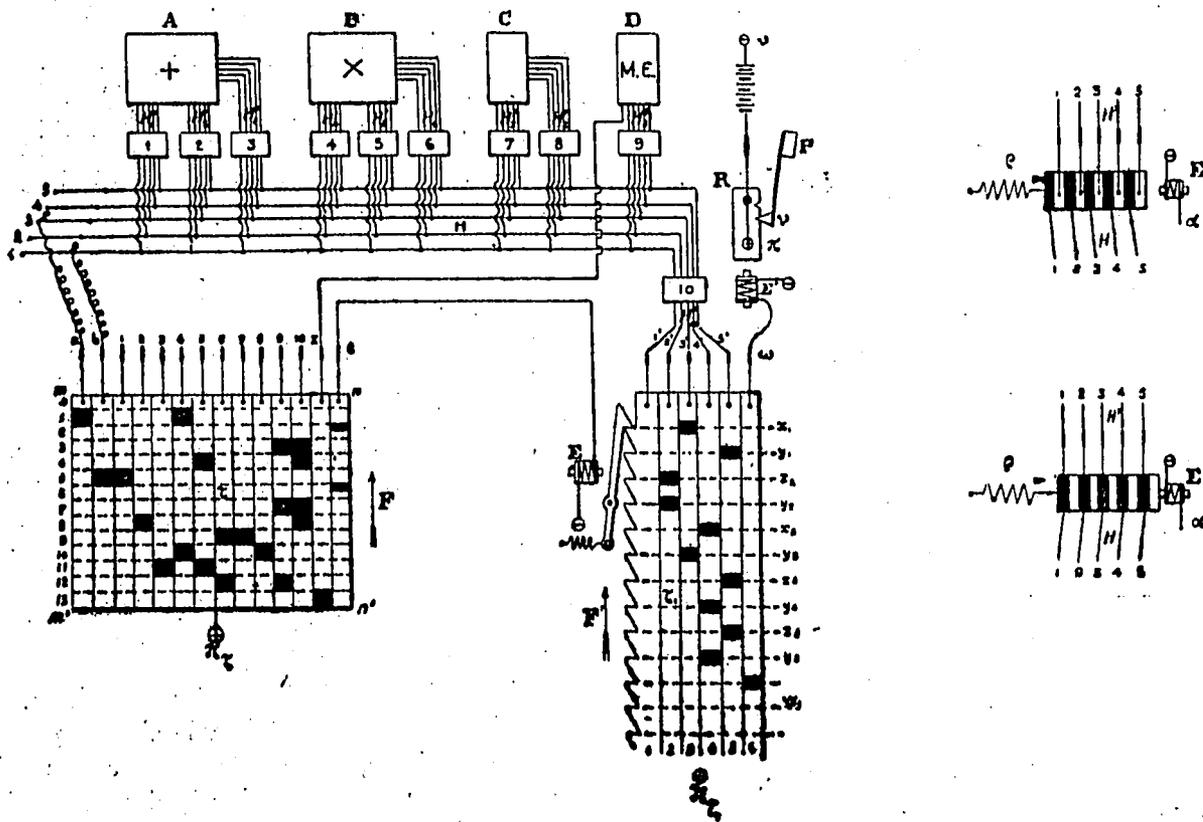


Fig. 5.ª

Podemos imaginar que á una máquina de escribir del sistema usual se le añaden varios electroimanes, uno por cada tecla de la máquina, dispuestos de manera que cada uno de ellos, al atraer á su armadura, obre, por medio de mecanismos adecuados, sobre una tecla determinada; bastará entonces dar corriente á un electroimán para que la máquina imprima el signo correspondiente. Si admitimos que hay tantas teclas y tantos electroimanes como valores particulares puede afectar la cantidad representada, y si suponemos, además, que cada electroimán está en relación con uno de los conductores del haz q , de manera que al poner éste en contacto con el polo positivo entra el electroimán en circuito, podremos decir que basta representar durante un momento un valor determinado en el haz q para que quede impreso por la máquina.

necesario sumar unas veces y restar otras, como ocurriría si los valores de b ó y , ó, por lo menos, alguno de ellos, pudieran cambiar de signo.

En este caso sabemos exactamente cuáles son las operaciones necesarias, podemos prever de antemano el orden en que han de ejecutarse, y así se ha hecho en el aparato (fig. 5.ª).

En el esquema tenemos representados:

Dos aritmómetros A y B .

Un inscriptor C .

Una máquina de escribir D .

Varios rectángulos numerados de 1 á 10, cada uno de los cuales representa un conmutador especial, cuyo detalle se ve en las figuras 5' y 5''.

Un tambor τ , que impone la coordinación necesaria en las operaciones ejecutadas por el autómata.

Una regla τ_1 , en la cual se inscriben los valores particulares de los datos.

Las figuras 5' y 5'' representan un mismo conmutador

Siguiendo en mi propósito, de no tratar ahora de cuestiones prácticas, no me ocuparé de la disposición de la máquina de escribir, de la manera de cambiar el renglón, etc. Supondré que todos los valores han de aparecer

en dos posiciones distintas. El conmutador consiste en una regla que lleva varios plots — tantos como conductores tiene cada uno de los haces H y H' — la cual sirve de armadura al electroimán E y está solicitada por el resorte antagonista ρ . En la posición de descanso ($5'$), cuando el electroimán está inerte, los conductores de uno de los haces están completamente incomunicados de los del otro. En cambio, si se pone el conductor α en comunicación con el polo positivo, el electroimán atrae á su armadura que pasa á la posición $5''$; entonces los conductores de H' comunican uno á uno con los de H , de forma que en realidad los dos haces vienen á constituir uno solo.

En el esquema principal se representan, según dije antes, 10 conmutadores de esta especie que están numerados. Hay, por otra parte, 10 escobillas, numeradas también, en la parte superior del tambor coordinador τ y se supone—aunque nada se indica en la figura—que el conductor α de cada uno de los conmutadores, va á parar al pie de la escobilla que tiene el mismo número, de suerte que si se pone una de las escobillas i , en comunicación con el polo positivo, el conductor α_i correspondiente al conmutador que lleve el mismo número establecerá la comunicación entre los dos haces (H, H') que van á parar á él.

Aunque tenemos representados diez conmutadores, no existen veinte haces, sino solamente once, porque el haz principal H se ramifica—según se ve en la figura—, y lo que ocurre en realidad es que cuando se pone la escobilla i en comunicación con el polo positivo se establece la comunicación entre el haz H y el H' .

La regla τ , que supongo de longitud indefinida, tiende á marchar en el sentido de la flecha F' —, solicitada por un peso, por un resorte ó por cualquier otra fuerza; pero de ordinario permanece inmóvil, porque se engancha en la uña de la armadura del electroimán E . Si éste la atrae y vuelve á soltarla antes que tenga tiempo la regla de avanzar un paso completo de cremallera, quedará ésta enganchada por el segundo diente, de manera que la horizontal x_i venga á colocarse bajo los frotadores de las escobillas; cuando actúe de nuevo el electroimán en la misma forma, la regla volverá á marchar hasta que llegue á los frotadores la línea y_i ,... y así sucesivamente.

En la regla van varios plots, todos en contacto con el plot positivo π , y á medida que la regla avanza cada uno de ellos vendrá á ponerse en contacto con la escobilla correspondiente.

La construcción de este aparato nos importa poco ahora; podemos suponer, para fijar las ideas, que la regla es de metal y está cubierta por una cinta de papel con agujeros en los puntos correspondientes á los plots.

La posición de los plots dependerá de los valores particulares de los datos, y cada uno de estos valores se escribirá en la cinta haciendo un agujero en el lugar correspondiente.

A la izquierda he representado la superficie del tambor coordinador desarrollada, para que se vea la disposición de los plots que figuran en ella.

Mientras el autómata calcula, el tambor τ gira con velocidad uniforme en el sentido de la flecha F ; se halla dividida su superficie en catorce fajas numeradas; las dos líneas m, n, m', n' representan una misma generatriz, de suerte que cuando el tambor gira, van pasando por debajo de los frotadores de las escobillas todas las fajas á que

acabo de referirme, y después de la faja 13 vuelve á presentarse la faja 0.

Con lo dicho y las indicaciones del dibujo bastará para que pueda seguirse la marcha de los cálculos.

Al autómata se le da los valores de las constantes a y b , es decir se le clavan las clavijas p y a en los conductores correspondientes á esos valores.

En la disposición que representa el dibujo tendremos $a = 3; b = 1$.

Se le da también diferentes pares de valores particulares: $x, y; x_2, y_2, \dots; x_n, y_n$ de las dos variables, escritos en la regla τ .

El valor x' se representa por medio del plot que corresponde á la primera horizontal, el y_1 por el plot de la segunda horizontal ..., etc.

Según las indicaciones del dibujo, tendremos $x_1 = 3$ (porque el plot de la horizontal x_1 ha de ponerse en contacto, al avanzar la regla, con la escobilla 3) $y_1 = 5; x_2 = 2; y_2 = 2; \dots; y_5 = 4$.

En la horizontal siguiente á la y_i (ó más generalmente en la horizontal que sigue á la que se ha utilizado para escribir el último dato) y en la vertical de la escobilla ω se dispone un plot w , cuyo objeto se verá al describir la manera de funcionar el aparato.

IX

Suponemos que el tambor τ se pone en movimiento, partiendo de su posición actual, y vamos á estudiar la marcha del autómata.

Consideraremos, para facilitar la exposición, catorce períodos ó momentos sucesivos, cada uno de los cuales corresponde al tiempo que tarda en pasar por debajo de los frotadores de las escobillas del tambor una de las catorce fajas en que se ha dividido su superficie.

Momento 0. Todas las escobillas están aisladas y no se produce corriente ninguna.

Momento 1. Escobillas activas a y 4. La primera, por medio del conductor flexible y la clavija p , activa el conductor 3, es decir, representa el valor a en el haz H . La 4 hace funcionar el conmutador 4, el cual pone en comunicación el haz H con el H' . Suponiendo que el contacto entre la escobilla a y el plot dure lo necesario, cosa muy fácil de conseguir porque disponemos de la velocidad del tambor.

La regla A (fig. 4.^a) del aparato B se correrá durante este primer momento hasta representar, por su posición, el valor a .

Momento 2. Se actúa momentáneamente la escobilla e , funciona el electroimán E y la regla τ adelanta un paso antes que termine este segundo momento. Desde que la regla se detiene en su nueva posición, queda el valor x_1 representado en el haz H' , es decir, queda la escobilla 3' en contacto con el plot correspondiente.

Momento 3. Se activan las escobillas 9 y 10, con lo cual se ponen en comunicación, al mismo tiempo, con el haz H , los dos haces H' y H'' , que es tanto con otro. Por estar activo el conductor 3 de H'' , estarán activos también en este momento los conductores que llevan el mismo número en H y H' ; la máquina escribirá el valor x .

Momento 4. Escobillas activas 10 y 5. El conductor 3 de H'' comunicará ahora con el del mismo número de H' (porque se ha cortado la comunicación en el conmuta-

dor 9 y se ha establecido en el 5), de manera que se tramitará el valor x_1 al aparato B; es decir, se correrá la regla B (fig. 4.ª) de este aparato hasta ocupar la posición correspondiente al valor 3, y como ya antes habíamos representado en $H'4$ el valor a resulta—teniendo en cuenta lo que dije al describir el esquema 4—que al terminar el momento 4 quedará representado en H_4' el producto ax_1 .

Momento 5. Escobillas activas b y 1. Se representan el valor b en H'_1 .

Momento 6. Escobilla activa c. Avanza un paso la regla τ y queda representado en H' el valor y.

Momento 7. Escobillas activas 9 y 10. Se imprime el valor y_1 .

Momento 8. Escobillas activas 2 y 10. Se representa el valor y_1 en H'_1 , y queda desde que este momento termina, representado en H' el valor $b + y$.

Momento 9. Escobillas activas 6 y 7. El valor a x_1 que quedó inscripto como ya dije, en el haz H'_1 , se representa durante el momento 9 en H'_1 , y, por consecuencia, queda inscripto en H'_1 .

Momento 10. Escobillas activas 4 y 8. El valor a x_1 inscripto en H'_1 , se representa en $H'4$.

Momento 11. Escobillas activas 3 y 5. El valor $b + y_1$ inscripto en H'_1 se representa en H'_1 , y queda inscripto en H'_1 el valor a $x_1 (b + y_1)$, es decir, el valor α_1 .

Momento 12. Escobillas activas 6 y 9. Se imprime el valor α .

Momento 13. Escobilla activa x. Se activa la escobilla φ de la cual parte un conductor que penetra en la máquina de escribir y hace funcionar una tecla, que imprime un signo cualquiera, por ejemplo, un asterisco, para indicar que han terminado los cálculos relativos al primer par de valores particulares de las variables.

X

El tambor τ sigue girando sin detenerse un momento, y durante la segunda vuelta se reproducen exactamente las mismas operaciones; pero como la regla τ , ha adelantado ya dos pasos, al dar uno más durante el segundo momento correspondiente á esta nueva vuelta, la cantidad que se represente en H'_1 , sera x_1 . Por la misma razón, durante el sexto momento se representa el valor y_1 , y, en suma, al terminar y_1 la vuelta quedan inscriptos á máquina los valores x_1, y_1, α_1 .

Así sigue marchando el aparato hasta terminar los cálculos relativos á todos los pares de valores inscriptos en la regla τ_1 .

Apenas han terminado las operaciones—al iniciarse una nueva vuelta, que ya es innecesaria—entra en contacto el plot w con la escobilla w . El electroimán E' atrae á su armadura (la regla R) y rompe el contacto de la pila con el plot π , ó sea con todos los plots positivos, ya que todos ellos forman en realidad un solo conductor. La regla R no está solicitada por ningún resorte, lleva dos muescas conjugadas con el diente v montado al extremo de un muelle. Actualmente, el diente está encajado en la muesca inferior y por eso comunica la pila con el plot π ; cuando el electroimán E actúe, venciendo la resistencia del diente v , éste se encajará en la muesca superior, y mantendrá la regla R en su nueva posición, dejando al autómata aislado, hasta que—ya representados en la tabla τ , los datos necesarios para un nuevo cálculo—el ope-

rador corra la regla R á mano, para llevarla á la posición del dibujo y poner en movimiento al autómata.

Con el mismo aparato podría realizarse el cálculo de otra fórmula cualquiera, siempre que pueda determinarse de antemano el orden de las operaciones y que se disponga de todos los aritmómetros necesarios. Pero para ello sería necesario cambiar el tambor τ , ó, por lo menos, variar la disposición de sus plots.

En resumen, será necesario dar al autómata la fórmula escrita en el tambor τ , las constantes escritas por medio de las clavijas p, q y los valores particulares de las variables escritos en la regla τ_1 . El autómata realizará, sin auxilio ninguno todos los cálculos y nos presentará los resultados escritos á máquina en la forma ordinaria.

(Concluirá.)

PUERTO DE VALENCIA

Proceso que debe seguirse en la construcción.

(CONTINUACIÓN)

Malecón del Turia.—De las dos partes que comprende el malecón del Turia, la primera, ó sea hasta su intersección con el dique del Sur, debe hacerse inmediatamente, puesto que se halla en terreno abrigado de la marejada de E. NE. Y el segundo tramo no es de urgente ejecución hasta que se terminen las demás obras de los diques exteriores.

Sin embargo, los trabajos probablemente no podrán comenarse hasta Julio de 1911, porque antes debe presentarse el proyecto definitivo y es difícil se halle aprobado y en vías de ejecución en dicha fecha. Considerando, pues, que para la terminación del primer tramo se invierta año y medio y dos en la del segundo, el coste anual resultará:

	<i>Pesetas.</i>
Desde Julio de 1911: durante año y medio (por año) $\frac{212.244}{1,5} =$	141.496
Desde Enero de 1919: durante dos años (por año) $\frac{476.399}{2} =$	238.195

Dique del Sur.—Puede irse construyendo, paralelamente al del Norte, durante los cinco y medio años que se inviertan en la construcción de aquél, finalizado el cual se realizarán las obras del morro, que durarán, á lo más, un año.

	<i>Pesetas.</i>
Gasto anual del dique $\frac{1.341.614}{5,5} =$	243.020
Morro (un año).....	267 755

Espigón número 4.—Finalmente, el espigón que ha de separar las dársenas nuevas del antepuerto podrá empezarse, desde luego, pues ya está protegido por la línea E. NE., y deberán continuar su avance con el del Norte; sólo que, como su proyecto no está aprobado aún, es lógico suponer que no se empiece hasta Enero de 1912. El coste por año (calculando duren seis las obras), ascenderá á

$$\frac{1.332.094}{6} = 222.015 \text{ pesetas.}$$

Resumen del trabajo en los diques exteriores.—He aquí un cuadro de la actividad anual de las obras de los diques exteriores: