

LA DACTILE

MÁQUINA PARA CALCULAR.—SU DESCRIPCION I MANEJO

POR

CÁRLOS CARVAJAL M.

Ingeniero Civil

INTRODUCCION

En todas las épocas los hombres de ciencia se han preocupado de inventar instrumentos o máquinas para facilitar o efectuar las operaciones aritméticas i algebráicas.

Lo primero que se ideó fueron tablas o *patrones* (aparatos sencillos) para ayudar a efectuar dichas operaciones, pero sin ejecutarlas. Estos se han llamado *instrumentos* para calcular. I se ha dado el nombre de *máquinas* a aquellos mas complicados que dan hechas las operaciones, sin que haya otro trabajo que leer sus resultados.

Uno de los instrumentos de cálculo mas conocido es el imaginado por el célebre inventor de los logaritmos, Juan Napier o Neper, cuya descripcion se publicó en el año 1617. No entraremos a la descripcion de este aparato, que lleva el nombre de su autor, *Patron de Napier*, i que tiene por objeto facilitar las operaciones aritméticas.

El se compone de una serie de reglitas, colocadas unas al lado de las otras, con las numeraciones en ciertas formas, de tal manera que el conjunto parece una verdadera tabla de Pitágoras; pero con las casillas divididas en dos partes iguales por diagonales.

Este instrumento fué perfeccionado por Hélie, reemplazando las reglitas por cilindros divididos en diez partes i fijadas en un marco de madera.

En esta misma categoría de instrumentos se podrán colocar las tablas confeccionadas por Leon Salanne para efectuar una multitud de cálculos i que ha publicado con el título de *Contador Universal*.

Por simples lecturas de estas tablas, despues de haber trazado ciertas líneas en ellas, se pueden obtener multiplicaciones, divisiones, elevacion a potencia, estraccion de raices cuadradas i cúbicas, conversion de medidas decimales en medidas tambien deci-

males de otros países i operaciones jeométricas, tal como evaluacion de volúmenes i superficies de todos los cuerpos redondos i figuras jeométricas.

La regla de Gunther, llamada regla de cálculo o logarítmica, pertenece a esta clase de instrumentos i su oríjen parece viene del Patron de Napier.

La primera máquina para calcular que efectua por sí misma los resultados, se debe al jénio del gran jeómetro i filósofo, Pascal, que la inventó en 1642, a la edad de 19 años. Esta máquina que efectúa toda clase de operaciones complejas o nó, se compone de un rodaje mui complicado i numeroso. El filósofo Leibnitz i otros jeómetros han buscado soluciones mas simples. El *Aritmaurel* de Maurel i Garjet, el Aritmómetro de Thomas (Colmar) son de reciente invencion. Esta última máquina da producto de cuatrillones en algunos segundos.

Pero lo que debe de citarse como una maravilla de mecánica i paciencia es la gran máquina de Babbage, la que se compone de dos partes distintas: una para calcular i la otra para escribir los resultados. La construccion de la primera parte demoró cinco años: se empezó en 1838 i se terminó en 1833. Por desgracia, la segunda parte no se construyó en vista de su enorme costo, pues ya se habian gastado 435,000 francos i la segunda parte costaria 800,000. Bien se comprende qué admirable perfeccion tendrian estas asombrosas máquinas!

Hasta las leyes de la Estática se han utilizado para la ejecucion de ciertos cálculos. Esta idea propuesta por Cassini, la realizó Leon Salanne con dos aparatos que obtuvieron la aprobacion de la Academia de Ciencias de Francia. Uno de ellos fué la Balanza Aritmética para las operaciones comunes del mismo nombre, i el otro la Balanza Aljebrica para resolver las ecuaciones numéricas de cualquier grado.

En la actualidad se conocen muchas máquinas de calcular mui sencillas i perfeccionadas i que se venden por un precio al alcance de todos. Una de estas es la máquina de calcular «Dactyle» construida por Octavio Rochefort, la que recomendamos especialmente por su manejo sencillo, su construccion bien sólida, sin lugar a descomposturas, i sus resultados rigurosamente exactos. Esta máquina tiene tambien el nombre de Brunsviga o Remintong, la que se está jeneralizando en Chile en varias oficinas del Gobierno, de distinguidos ingenieros i casas comerciales.

En la seccion de Arquitectura de la Direccion de Obras Públicas recientemente se emplean dos máquinas de calcular «Dactyle» con mui buenos resultados en la formacion de presupuestos i cálculos, ahorrándose mas de 75 % de tiempo i el trabajo mental que requieren las largas operaciones aritméticas. Serian tambien de una utilidad manifiesta en los bancos para los cálculos de anualidades, intereses, amortizaciones i todas las operaciones de cambio, a la vez en las oficinas de contabilidad i comercio i en especial a los ingenieros i arquitectos para los presupuestos, cubicacion de materiales, cálculos de mecánica aplicada i astronómicos, formacion de tablas, etc.

Para los que no conocen estas máquinas de calcular creemos tenga algun interes saber su descripcion, manejo i todas las aplicaciones que pueden hacerse con aquéllas.

La máquina «Dactyle» se compone de dos partes:

1.^a De la caja o parte fija (A), que va asegurada en el descanso de madera i que tiene superiormente el *tablero* con los números i a la derecha una manivela; i

2.^a Del *carrito* (B) que se mueve horizontalmente por delante de la caja.

Las dos partes se cubren por una tapa de fierro que tiene su llave i empuñadura para trasportar la máquina.

El carrito móvil lleva una pequeña biela (a) que se atornilla a la parte fija, con lo cual no habria ningun tenor a que en el transporte se moviera aquél.

El descanso o tabla donde va sentada la máquina lleva cuatro pedazos de goma, que le sirven de resorte para hacer ménos sensibles las vueltas que dé la manivela.

Tablero.—La caja o parte fija, se compone del *tablero* que lleva nueve ranuras verticales, numeradas en la parte inferior de 1 a 9, de derecha a izquierda.

Es sensible que el fabricante no haya tambien numerado de la misma manera, la parte superior de las ranuras verticales, que es donde van en la posicion normal las palanquitas que asoman por cada abertura.

Ademas el tablero lleva escritas en la izquierda de cada ranura i de arriba a abajo, todas las cifras en el órden siguiente; 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9; es decir, que estos números están nueve veces repetidos en el tablero.

Viendo la figura número 1, es fácil darse cuenta del tablero.

La palanquita que se puede mover en toda la estension de cada ranura vertical, corresponde, debajo del tablero, a un tambor con nueve agujeros por donde saldrán tantos dientes o pitones de acero segun sea donde coloquemos la palanquita.

Si la movemos, por ejemplo, a la altura del número 5, que está a la izquierda de la ranura vertical respectiva, en el tambor o parte de cilindro se levantarán cinco dientes, cuyo objeto veremos mas adelante al tratar del carrito móvil.

Esta disposicion permite escribir en el tablero un número cualquiera. Las unidades las pondremos en la ranura vertical número 1, es decir, la primera de la derecha; las decenas en la número 2, las centenas en la 3, etc.; lo que llamaremos *escribir* un número en el tablero.

Pongamos un ejemplo. Sea el número siguiente que deseamos escribir: 13425609.

Dividamos el número en porciones de a tres cifras para no equivocar el órden que corresponde a aquellos.

El 1 de la decena de millon ocupa el octavo lugar; la palanquita de la ranura número 8, contada desde la derecha, la bajamos hasta ponerla a la altura del número 1 escrito a la izquierda de esa ranura vertical. En el tambor, el 3 de las unidades de millon ocupa el sétimo lugar; la palanca de la ranura 7 la bajaremos hasta el 3 de su ranura correspondiente, saliendo tres dientes en el respectivo tambor. Para poner el 4 de las centenas de mil, descenderemos la palanca de la ranura 6 hasta el 4 de su ranura. La palanca quinta será colocada a la altura del 2 de la ranura respectiva; la palanca cuarta a la altura del 5; la palanca tercera a la altura del 6. La palanca de la segunda ranura no se mueve, es decir, queda a la altura del 0 de su ranura, que es la posicion normal. La palanca de la primera ranura se llevará enteramente hasta el final de la ranura para que pueda quedar a la altura del 9 respectivo.

En todos los tambores se levantarán los dientes correspondientes.

Se podrá leer entónces en el tablero el número: 13425609.

Llamaremos *borrar* un número, llevar a 0 todas las palancas que indicaban las cifras

de este número; entónces todas las palancas quedarán alineadas a la altura de los 0 de cada ranura vertical, que es la posicion normal o de reposo, i los dientes de todos los tambores se entrarán a medida que las palancas queden en la posicion de 0.

Se notará que siendo 9 las ranuras verticales del tablero, solo se podrá escribir hasta centena de millon, que ocupa el noveno lugar; pero mas adelante veremos que se puede escribir mas cifras, segun sean el valor de las sumas i las *ventanillas* que tenga demas el registrador del carrito móvil.

La *manivela*, que va a la derecha de la caja fija, puede jirar en los sentidos i tiene por objeto mover, por dos ruedas de engranaje, un gran cilindro dividido en varias partes, que hemos llamado tambores, por nueve ranuras verticales. En estos tambores van los dientes salientes que hemos indicado anteriormente.

El mango de la manivela tiene un pequeño resorte que sirve para fijar a ésta en la posicion de reposo, impidiendo todo movimiento al gran cilindro, con lo cual se podrá colocar las palanquitas al lado de los números respectivos de las ranuras verticales. Si no tuviera ese resorte la manivela se moveria en todo sentido i seria mui difícil escribir correctamente los números en el tablero.

Cuando se quiera hacer jirar la manivela, es necesario empujar un mango hácia afuera para sacar el boton del resorte que sujeta aquélla, i se tendrá en esta posicion durante todo el tiempo que se maneje la máquina.

Se acostumbra tanto en la práctica a mantener el mango de la manivela en esta posicion que se hace maquinalmente. El número de vueltas que da la manivela, es decir, los tambores con dientes, se anotan automáticamente por un sencillo mecanismo en el contador del carrito móvil, como lo veremos al estudiar éste.

La direccion o sentido de estas vueltas se marca en la caja fija por una flecha que lleva el signo + i las abreviaciones de adiccion i multiplicacion, lo que indica que se debe mover las palanquitas del tablero de arriba abajo para efectuar estas operaciones aritméticas; éste lo llamaremos sentido positivo. El sentido contrario o negativo, está indicado por una flecha que lleva el signo - i las abreviaciones de sustraccion i division, indicándonos tambien la flecha que debemos mover las palancas de abajo hácia arriba.

Las vueltas de la manivela deben ser completas i quedar siempre el boton del resorte en su lugar. Si por error se ha comenzado una vuelta, debe terminarse en el sentido en que se efectúa hasta volver el boton a su alojamiento.

Las vueltas de la manivela deben ser rápidas i regulares; las sacudidas violentas destruyen la máquina. El esfuerzo para efectuar las vueltas será proporcional al número de cifras escritas en el tablero. El máximo de esfuerzo se gastará cuando todas las palancas estén al lado de cada 9 de las ranuras.

Cuando las palancas están en reposo, es decir, al lado de los 0 de las ranuras, la manivela puede jirar en un sentido o en otro sin peligro alguno para la máquina, solo que el número de vueltas quedara anotado automáticamente en el *contador* del carrito móvil, como lo veremos en seguida.

El *carrito móvil* es formado por el *registrador* i *contador*. Se desliza horizontalmente de derecha a izquierda o vice-versa por delante del tablero. En la posicion normal el carrito debe encontrarse enteramente a la izquierda, de tal manera que las *ventanillas*

mas grandes que tiene a la derecha, las que constituyen el *registrador*, deben corresponder, en su orden o colocacion, a la numeracion que tiene interiormente el tablero. Es decir, la primera ventanilla de la derecha debe estar debajo del 1; la segunda debajo del 2, i así en seguida hasta la novena debajo del 9.

El tipo mas pequeño de la máquina «Dactyle» tiene trece ventanillas, no estando numeradas; es decir, tendremos productos o sumas hasta de trece cifras.

Para que las ranuras verticales del tablero se correspondan con estas ventanillas, el carrito tiene por delante un resorte que debe apretarse cuando se mueva horizontalmente i por regla jeneral, *la manivela se hará jirar únicamente* cuando el resorte esté dentro del *agujero que le corresponda*. Un sonido seco del resorte indica que está en su lugar. Esta regla jamas debe olvidarse, porque de lo contrario se espone a quebrar los dientes de los tambores, e inutilizar la máquina por completo.

Los números escritos en el tablero se pueden transcribir o volver a marcar por un sencillo mecanismo en el *registrador* del carrito móvil.

El registrador se compone de una serie de tambores con sus respectivos engranajes donde vienen a accionar los dientes o pitones del gran cilindro ya descrito.

A cada diente de estos engranajes corresponde un número en su tamborcito respectivo, empezando por 0 hasta 9.

Si hacemos jirar la manivela, despues de haber escrito un número en el tablero, los dientes del gran cilindro — que se levantarán por medio de las palanquitas respectivas segun sea el número escrito — vendrán a chocar sobre los engranajes del registrador, i se moverán tantos dientes de éste cuanto sean los pitones salientes que lleve cada parte o tambor del gran cilindro.

Es decir, si tenemos escrito en el tablero el número 13.524,609, el primer tambor del gran cilindro, que corresponde a la palanquita de la primera ranura vertical de la derecha, tendrá nueve pitones salientes, los que moverán igual número de dientes del engranaje

El 2.^o número es 0; no se moverá ningun diente, i el cero, que se ve por la sétima ventanilla del registrador, quedará fijo.

El 3.^{er} número es 6; serán seis pitones que accionarán sobre el tercer engranaje moviendo seis dientes, i el número 6 se verá por la tercera ventanilla de la derecha.

I de esta misma manera se moverán todos los números de los tamborcitos, los que se verán por las ventanillas mas grandes del registrador.

Con una vuelta de la manivela quedarán al mismo tiempo escritos en las respectivas ventanillas del registrador todos los números que hemos escrito en el tablero, marcándose a la vez en la primera ventanilla del contador si la flecha que se ve a la izquierda está arriba de la primera casilla de la derecha, o sea las unidades. El 1 saldrá en la segunda casilla del contador si la flecha está encima de esa ventanilla, o sea las decenas. para lo cual se habria corrido el carrito móvil apretando su resorte hacía abajo en lugar de a la derecha. La flecha estará en la tercera ventanilla para las centenas, i así para las otras categorías de las cifras.

Dando una segunda vuelta a la manivela se agregarán las mismas cifras del tablero, si no se han cambiado, o las que ya habia estritas en el registrador, apareciendo un 2 en la casilla respectiva del contador.

Si la suma de las cifras que se agregan pasa de 10, hai en los tambores del tablero un sencillo mecanismo para mover el engranaje siguiente con el objeto de que la suma respectiva se pueda leer en las ventanillas del registrador; por ejemplo, en el registrador, con una vuelta de la manivela hemos escrito el número 13.524,609.

Si a éste se le da una segunda vuelta, los dientes de los tambores accionarán otra vez sobre los engranajes que corresponden a los números anteriores, i por las ventanillas grandes del registrador debe aparecer el duplo de esas cifras, o sea: 27.049,218.

Para que aparezcan estos números es menester que el 9 de la primera ventanilla se cambie en 8, el 0 de la segunda en 1, el 6 en 2 en la tercera, el 4 en 9 en la cuarta i así sucesivamente.

Estando el 9 frente a la ventanilla, como se ve en la figura esquemática del lado. Al dar otra vuelta a la manivela, volverán a accionar los nueve pitones del primer tambor, sobre el primer engranaje del registrador, haciéndole jirar nueve dientes, i quedará el 8 frente a la primera ventanilla. En la segunda ventanilla debe verse el 1 (para formar 18). Para esto es necesario hacer mover un diente al segundo engranaje que está en 0. Para efectuarlo, hai entre los dientes 0 i 9 del engranaje, un tope, que cuando jira aquél hasta el diente 9, hace levantarse una pieza de bronce colocada en el mismo eje de cada engranaje. Esta pieza levantada tiene el objeto de correr hacia la izquierda un piton siempre saliente del segundo tambor, el cual viene a chocar con el primer diente del segundo engranaje, haciendo entónces aparecer el 1 en la segunda ventanilla del registrador. La pieza levantada volverá nuevamente a su posición primitiva por medio de ranuras excéntricas, como se ve en la lámina de la máquina destapada, que tiene el gran cilindro del tablero i que forman, se puede decir, los tambores con pitones.

La inscripción del 2 en la 3.^a ventanilla se efectúa de igual manera i aquí tambien se levanta la pieza de bronce que hará mover el piton saliente del 3.^{er} tambor, i unido a los cuatro que ya tiene el mismo, por la palanca de la 4.^a ranura del tablero, se forman cinco pitones que accionarán sobre el engranaje del registrador, en el que hemos escrito el número 4, i por la ventanilla grande se verá, por consiguiente, el número 9.

Idéntica será la formación de los otros números que se marcarán en el registrador,

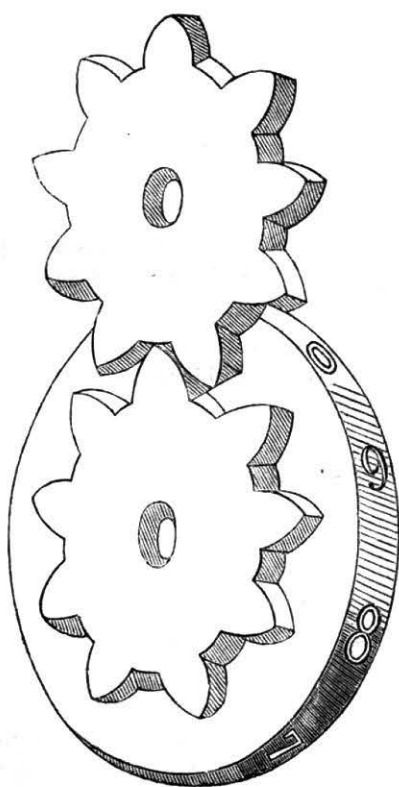


Fig. 1

advirtiéndose que la operacion se hace casi instantáneamente en todas las ventanillas de aquél.

En la última ventanilla, cuando se pasa del 9, suena una campanillita de aviso, indicando que el producto siguiente no es exacto.

Antes de entrar a efectuar las operaciones, ya se comprenderá que será fácil escribir en el registrador mayor número de cifras que las que indica el tablero, para lo cual bastará correr hacia la derecha el carrito móvil tantos lugares cuantas mas cifras necesitamos. Se escriben las nueve primeras, empezando por la izquierda, i luego las restantes.

Para volver a la posicion de 0 todos los engranajes, tiene la máquina una llave grande a la derecha del carrito móvil, que se mueve en el sentido de las agujas de un reloj. El movimiento se termina cuando la llave encaja dentro de una muesca i los 0 aparecen en todas las ventanillas del registrador.

A la izquierda del carrito móvil se encuentran ocho pequeñas ventanillas que forman el *contador*, por donde se leerán los números de ocho tambores con engranajes, en cuyos dientes acciona una palanca que lleva a la izquierda el eje de la manivela, marcándose por consiguiente en los tambores el número de vueltas que da aquélla.

En la posicion de reposo del carrito móvil, la flecha izquierda del tablero estará frente a la primera ventanilla del contador. Haciendo jirar la manivela, la palanca moverá los dientes del tambor que corresponde a la primera ventanilla i se leerán tantos números blancos cuantas sean las vueltas de la manivela en sentido positivo i tantos números rojos cuantas sean las vueltas negativas a escepcion de los números 0 i 9 que son blancos para ámbas vueltas de la manivela.

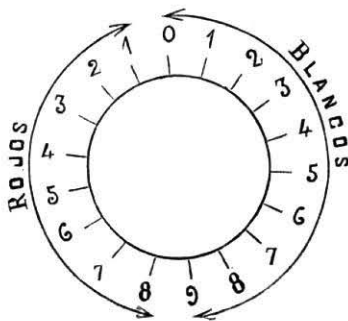


Fig. 2

Fácilmente se comprende que debe ser así, viendo la figura esquemática del lado, en la cual se nota que los tambores del contador están divididos en dos numeraciones, en vez de una como el registrador. Estas numeraciones van en sentido contrario, teniendo que ser el 0 i 9, color blanco, comun a ámbas partes para no repetirse; por consiguiente, despues de nueve vueltas en cualquier direccion, aparecerá, en lugar de un 10, un 8 blanco o rojo, segun sea el sentido de las vueltas.

Esta construccion de los tambores del contador nos indica que solamente se podrá marcar, sin error, nueve vueltas de la manivela, en sentido positivo i negativo. Llegando a 9 se debe borrar este número de la ventanilla del contador hasta que aparezca el 0. Este movimiento se efectúa por medio de una llave mas pequeña que está a la izquierda del carrito móvil. Se corre el carrito un lugar hacia la derecha, i entonces la palanca izquierda de la manivela accionará esta vez sobre el engranaje del tambor izquierdo inmediato al anterior, en el que aparecerá un 1 con una vuelta de la manivela.

En resúmen, se deduce que los tambores o engranajes del contador son independientes unos de otros, a la inversa del registrador.

Este es un pequeño defecto algo molesto del contador al no cambiarse automáticamente los números como en el registrador.

Con estas breves esplicaciones se comprenderá entónces el empleo del contador, que servirá para marcar en el sentido positivo de la manivela el número de sumandos cuando se efectúan adiciones i en las multiplicaciones servirá el contador para anotar el número de veces que se repite el multiplicando, escrito en el tablero, según las unidades, decenas, etc., del otro factor; es decir, que en las ventanillas pequeñas del contador quedará escrito, al terminar la operación, las cifras del multiplicador i en el registrador quedará anotado el producto resultante.

En el sentido negativo, naturalmente, el contador marcará con números rojos las veces que un número escrito en el tablero pueda restarse de otro mayor marcado en el registrador o las veces que el menor está contenido en el mayor, es decir, se leerá en el contador el cociente de la división del primero por el segundo.

La *separación de decimales*, cuando existen, se hace en el registrador i contador por medio de un botón de acero que se introduce en agujeros redondos que tienen entre sí las ventanillas de aquéllos.

En resumen, se ve que el manejo de la máquina «Dactyle» es de lo mas sencillo, cualquiera que sea el cálculo que se desee efectuar; se reduce siempre a *tres* simples maniobras:

- 1.º Marcar por medio de las palanquitas móviles, en las ranuras verticales del tablero, todas las cifras de uno de los números o factores de la operación;
- 2.º Hacer jirar la manivela, a la derecha o izquierda, las veces que sea necesario;
- 3.º Correr el carrito móvil un lugar hacia la derecha.

En pocos minutos de ejercicio, cualquier persona se pondrá al corriente de la máquina, i conociendo el funcionamiento de sus diferentes piezas, podrá efectuar con suma facilidad todas las operaciones aritméticas i aun la extracción de raíz cuadrada, como lo veremos después.

ADICION

Para sumar, solamente se necesitará efectuar las dos primeras maniobras anteriores.

- 1.º Se escribirá el primer sumando en el tablero;
- 2.º Se le dará una vuelta positiva a la manivela; los números del primer sumando aparecerán en las ventanillas del registrador i al mismo tiempo el contador marcará 1;
- 3.º Se dejarán esos números en el registrador i se volverá a escribir el segundo sumando en el tablero;
- 4.º Se volverá a hacer jirar la manivela en sentido positivo; en el registrador aparecerá la adición de esos dos sumandos, i en el contador se leerá un 2.

En el tercer sumando siguiente se procederá de la misma manera.

Si hubiere decimales, se separarán por medio del botón de acero que se coloca a la izquierda del rango correspondiente a la primera decimal, teniendo cuidado que en las

escrituras de los sumandos en el tablero se correspondan las unidades con las unidades decenas con decenas, etc.

Cuando los sumandos fueren mas de nueve, en la ventanilla del contador aparecerá un 8 rojo, como ya lo hemos visto en lugar del 10. Para tener esto, se llevarán a 0 las palancas del tablero i se procederá como se indica en la descripción del contador. Si involuntariamente se da a la manivela una vuelta equivocada, bastará efectuar otra en sentido inverso para dejar las cosas en el estado anterior; pero se necesita terminar bien una vuelta comenzada en un sentido ántes de anularla por otra en sentido contrario. En esto es muy importante tomar atencion, porque muchos errores provienen de esas vueltas equivocadas que no se anulan bien, i es mejor i prudente en cálculos delicados recomenzar de nuevo las operaciones cuando no se está bien seguro de las vueltas.

SUSTRACCION

Para restar bastará escribir primeramente en el tablero el número mas grande, es decir, el sustraendo se escribe en el registrador con una vuelta positiva de la manivela; en seguida se reemplaza en el tablero el sustraendo por el número menor o sea el minuendo, se da una vuelta negativa a la manivela, i el resultado de la operacion se leerá en el registrador.

La operacion es muy sencilla i no necesitará mayores esplicaciones. Si hubiere decimales, se procederá como en la adición.

MULTIPLICACION

Esta operación es la que se facilita con la máquina de calcular; para efectuarla bastará hacer lo que indica su nombre, repetir o sumar el multiplicando tantas veces cuantas cifras contenga el multiplicador. Para esto escribimos en el tablero el multiplicando i damos tantas vueltas positivas a la manivela segun sean las unidades del multiplicador que aparezcan por la primera ventanilla del contador, i el producto del multiplicando por las unidades del multiplicador se leerá en el registrador.

Para multiplicar el multiplicando por las decenas del multiplicador, se hace avanzar al carrito móvil un lugar hacia la derecha hasta que la flecha fija indica la ventana 2 del contador; se dan las vueltas positivas a la manivela hasta que en esa segunda ventanilla se lean las decenas del multiplicador, i en el registrador se leerá el producto del multiplicando por las unidades i decenas del multiplicador.

Se procederá de la misma manera para obtener el producto del multiplicando por las centenas, las unidades, decenas i centenas de mil, si hubieren, del multiplicador.

Para la comprobacion, se notará que la *primera* vuelta positiva de la manivela inscribe en el registrador al multiplicando, así como la *última* vuelta inscribe en el contador al multiplicador, que será la regla mas precisa i corta para comprobar la operacion.

Si hubiere 0 en el multiplicador, se considerarán como cifras significativas, haciendo correr un lugar al carrito móvil: pero no se moverá la manivela.

Cuando tengan decimales, uno o los dos factores, se obrará como si no existieran, i

en el producto se separarán por medio de la *coma*, segun sean las que tengan ámbos factores.

Ya hemos dicho que si en el curso de la operacion se da demas una vuelta a la manivela, se podria evitar el error deshaciendo la vuelta en sentido contrario, siempre que se tenga en consideracion lo que dijimos anteriormente.

Una de las ventajas incalculables de la máquina, que es a mi juicio la cualidad superior de ella i que la hace apreciar en todo su valor, es la de hacer una multiplicacion i sumarla al mismo tiempo con otro número ya inscrito en el registrador.

Los presupuestos de una obra, las facturas de una cuenta comercial, la lei media de un común de minerales, los cálculos de cambio en un banco, las muchas operaciones en una oficina de topografía i jeodesia, etc., se forman por una serie de multiplicaciones cuyos productos deben sumarse al final.

Por medio de la máquina se pueden hacer sucesivamente todas las operaciones, dejando en el registrador los resultados obtenidos, de tal manera que con el último factor se tendrá la suma total de todos los productos, sin que haya sido menester escribir ningun número fuera de la máquina.

Sea, por ejemplo, el total de los productos siguientes:

$$\begin{array}{rcl} 123 \times 456 = 56,088 & \} & 65,556 \\ 789 \times 12 = 9,468 & \} & \\ 4,567 \times 890 = 4,064,630 & = & 4,130,186 \end{array}$$

Con la máquina se forma el primer producto i en el registrador leeremos:

56,088.

Llevamos el contador a 0, retrocedamos el carrito móvil a la izquierda i reemplazamos en el tablero el primer multiplicando por el seguudo, 789; se efectúa el producto de 789×12 i en el registrador se leerá:

65,556,

que será la suma de los primeros productos que volvemos a dejar en el registrador.

Haciendo la misma operacion, se efectúa, por último, el producto de $4,566 = 890$, i en el registrador se leerá:

4.130,186,

que será la suma buscada de los tres productos.

Se notará que aquí hemos ahorrado una operacion, que es la suma de las tres multiplicaciones.

Con esta cualidad preciosa de la máquina, en la Seccion de Arquitectura de la Direccion de Obras Públicas, se ha podido comprobar en dos horas un presupuesto que había demorado un dia de trabajo.

Cuando hayan decimales en los factores, se tendrá cuidado que el número de ellos

sea igual en todos los productos parciales, lo que es fácil obtener agregando 0 a la derecha de los factores decimales que sean necesarios para igualarlos en todos ellos. La suma total tendrá un número de decimales igual a la suma parcial de cualesquiera de los factores.

DIVISION

La division es una serie de sustracciones sucesivas para ver cuántas veces el divisor está contenido en el dividendo; ese número de veces se llama cociente, como ya sabemos.

Bastará, entónces, escribir en el tablero el número mayor, el dividendo o sustraendo; se escribe éste en el registrador con una vuelta positiva de la manivela. Se borra el tablero i el 1, que aparece en el contador, dando una vuelta negativa a la manivela o por su llave de la izquierda. Se escribe en el tablero el divisor i lo restamos del dividendo, que está en el registrador, para lo cual con la coma se separa a la izquierda de éste el número de cifras capaces de contener al divisor. Se mueve el carrito a la derecha tantos lugares hasta que el agujerito inmediatamente a la izquierda de la coma esté enfrente de la ranura vertical número 1 del tablero. En esta posicion del carrito, la flecha situada arriba del contador, indicará en éste un número de ventanillas que serán las cifras del futuro cociente.

Hecho esto, se dará a la manivela tantas vueltas negativas hasta que aparezca en el registrador, a la izquierda de la coma, un número menor que el divisor. Las vueltas negativas se inscribirán con números rojos en el contador. Se moverá el carrito un lugar hácia la izquierda; la coma retrocederá a otro agujerito hácia la derecha i la flecha nos indicará el lugar de la segunda cifra izquierda del cociente.

Si la cifra formada en el registrador, a la izquierda del nuevo lugar de la coma, contiene al divisor, se obtendrá en el contador la segunda cifra izquierda del cociente, del mismo modo que la primera. Si el número del registrador no contiene al divisor, se moverá otro lugar hácia la izquierda al carro, i a la coma hácia la derecha, siendo 0 la segunda cifra del cociente i se buscará la tercera i las cifras siguientes de la misma manera. Despues de obtenida la última cifra del cociente, o sea las unidades, el número que queda en el registrador, será la resta de la division.

Con un ejemplo se comprenderán mejor estas esplicaciones. Copiemos la division que indican las instrucciones de la máquina:

Se quiere dividir 429682 por 3978.

Trascribimos en el registrador el número 429682; borramos el tablero i el 1 del contador volviendo a escribir en aquél el divisor 3978.

En el registrador separamos 4296, a la izquierda del dividendo que contiene a 3978; la coma quedará entre el 6 i el 8. Moveremos el carrito hácia la derecha hasta que el trazo blanco o raya a la izquierda de la coma esté en la prolongacion de la ranura número 1 del tablero; el resorte, por un sonido seco, indicará si ha entrado en la muesca respectiva. En esta posicion, la ventanilla número 3 estará frente a la flecha, lo que nos indica que 3 serán las cifras del cociente. Damos una vuelta negativa a la manivela, apa-

reciendo un 1 rojo en el contador i en el registrador, a la izquierda de la coma, quedará 318, cantidad menor que el divisor. Movemos la coma un lugar hacia la derecha i al carro otro lugar a la izquierda, i tendremos en el registrador 3188, que no contiene al divisor 3978, siendo, por consiguiente, 0 la segunda cifra del cociente.

Se hace avanzar el carrito otro lugar hacia la izquierda; la flecha indicará la ventana 1 de las unidades i el registrador 31882. Daremos vueltas negativas a la manivela hasta que tengamos en el registrador un número menor que el divisor: se encuentra 58, i en la ventana número 1 del contador aparecerá un 8 rojo.

El cociente será 108 i la resta 58.

Al principio conviene repetir mentalmente las restas sucesivas del registrador para no equivocarse i no restar el divisor de un número menor del dividendo, lo que daría una resta falsa i habría que repetir enteramente la operacion.

Con un poco de práctica, la division se efectúa con una rapidez admirable, que no podrá alcanzar el mas insigne calculador, llevando, ademas, la ventaja de no fatigarse. Por ejemplo, una division de 6 números por 4 números, se efectúa fácilmente en 20 segundos.

Si hubiere decimales en uno o en los dos factores, se igualarán en ámbos o se aumentará tantos 0 en el dividendo cuantas sean las cifras decimales que se deseen en el cociente. Así, por ejemplo, si queremos dividir 435,2 por 23,75 i que el cociente tenga 2 decimales, se agrega un 0 al dividendo para igualarlo i 2 mas, por las 2 cifras decimales que deseamos en el cociente; luego escribimos en el tablero 4352000, el que se traslada al registrador; se borra este número se escribe el divisor 2375, efectuando la division como de costumbre i separando dos cifras decimales en el cociente 1832, que será 18,32. Debemos notar que la verdadera resta es 10,00 en lugar de 1000.

OTRAS APLICACIONES

Conociendo bien el manejo de todas las operaciones aritméticas, se pueden efectuar infinitas aplicaciones que la práctica cotidiana sujere a cada paso.

Ya hemos explicado que con la máquina se puede hacer multiplicaciones sucesivas, las que se van sumando, obteniéndose al final el total de todas ellas sin efectuar adición alguna; pero si una de ellas debe restarse bastará hacer la multiplicación en el sentido de la division (sentido negativo) i el producto se encontrará por este solo hecho efectuado i restado a la vez.

Señalaremos algunas otras aplicaciones importantes de la máquina de calcular.

Cuando se multiplica o divide un factor comun por varios otros, lo que en la práctica se presenta frecuentemente (cálculos de cambios, planillas de salarios, presupuestos, etc.) no es necesario empezar de nuevo la operacion para cada producto; el factor comun se escribirá en el tablero i una vez obtenido el producto por uno de los factores, bastará dar vueltas a la manivela en uno i otro sentido hasta que aparezca en el contador el otro factor variable, e idénticamente se obrará con los otros.

Si en una planilla de pago hemos hecho el producto de veinticinco dias por \$ 1.45, que será el factor comun; para tener el de dieziocho dias por \$ 1.45 bastará dar tres

vueltas positivas en las unidades para formar 8 i una vuelta negativa en las decenas para tener 1, o sea 18 en el contador, que será el multiplicador.

Si se quiere dividir una serie de números por uno comun, se trasforma en una multiplicacion, poniendo en el tablero el *inverso* $\left(\frac{1}{n}\right)$ del número comun, que se tomará de cualquier tabla,—Chambers o Barlow, por ejemplo,—i se efectuará la operacion de multiplicar como lo hemos hecho anteriormente.

Las operaciones complejas de la forma:

$$\frac{A \times B + C \times D - E \times F}{G}$$

la máquina las efectúa sin necesidad de escribir ningun número en el papel. Para ello, bastará hacer la multiplicacion i adición simultánea de $A \times B + C \times D$, que quedará en el registrador, borrándose el tablero i el contador. Para formar $-E \times F$, se copia F en el tablero i se hace la multiplicacion negativa por E , que aparecerá con números rojos en el contador, i en el registrador quedará completamente formado el numerador. Se escribirá en el tablero el denominador G i se efectuará la division, apareciendo el resultado final con números rojos en el contador.

En el cálculo de momentos de inercia son inapreciables las ventajas de la máquina.

El módulo de flexion de una doble T compuesta, es:

$$\frac{I}{v} = \frac{b h^3 - 2 (b_1 h_1^3 + b_2 h_2^3 + b_3 h_3^3 + \dots)}{6 \times h}$$

Teniendo tablas de cubos de los números, se puede resolver la fórmula sin necesidad de escribir en el papel ninguna cifra, i en la mitad del tiempo que emplearía el mas rápido calculista.

Como se ve, la máquina se presta para cualquiera otra combinacion de operaciones, teniendo siempre por vista de poner en el tablero el número mas grande, para efectuar el minimum de vueltas con la manivela que forma el contador.

Finalmente, la máquina permite obtener la division con la aproximacion indefinida que se quiera: bastará correr hácia la izquierda en el registrador la resta que haya quedado hasta que pueda dividirse por el divisor, i se efectuará la division como de costumbre; el cociente que resulte se irá poniendo a la derecha del que se obtuvo primeramente i se seguirá efectuando la division segun sea el número de cifras decimales que se necesite.

Si algun error se efectúa en las vueltas de la manivela, se puede corregir deshaciendo la vuelta, como ya lo hemos dicho, *siempre que haya seguridad absoluta que el jiro de la manivela en sentido contrario sea exactamente igual al que se dió errado*. Si no hubiere certidumbre, conviene mas bien volver a empezar las operaciones, para lo cual, en aquellas grandes, es bueno apuntar los resultados parciales que se obtengan, para que en caso de equivocaciones, baste sólo empezar desde aquellos resultados que están sin error.

ESTRACCION DE LA RAIZ CUADRADA

Con la máquina también se puede extraer de un número la raíz cuadrada; pero no con la facilidad de las otras operaciones aritméticas.

En las instrucciones del fabricante de la máquina, que nos han servido mucho para desarrollar su teoría i explicar su funcionamiento, está muy bien descrita la manera de extraer raíz cuadrada, i para darla a conocer nos bastará, por lo tanto, hacer una traducción, mas o ménos literal, de la parte correspondiente a esta operación, dando a la vez un mayor desarrollo a aquellas que no están muy claras.

El modo de extraer raíz cuadrada por medio de la máquina «Dactyle» se funda en una propiedad curiosa de los números i es la siguiente:

Consideremos la serie de números impares i escribamos debajo de ellos la serie corrida de los números, haciendo que ambas se correspondan:

1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17, 19, 21, 23, 25, 27, 29, 31, 33, 35, 37, 39, 41, 43, 45, 47, 49,
1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25,

Si separamos las dos series por una línea vertical, resultará siempre esta curiosa particularidad: *que el último número de la segunda serie tendrá por cuadrado la suma de los números de la primera, indicándonos a la vez el número de impares que éste contiene.*

Si, por ejemplo, separamos las dos series por una vertical en el 7 de la segunda, que le corresponderá al 13 de la primera, el cuadrado de 7 será igual a:

$$7^2 = 1 + 3 + 5 + 7 + 9 + 11 + 13 = 49,$$

es decir, los 7 números impares; igual cosa tendremos si separamos, por ejemplo, las dos series en el 12 de la segunda, que corresponde al 23 de la primera serie. El cuadrado de 12 es igual a:

$$12^2 = 1 + 3 + 5 + 7 + 9 + 11 + 13 + 15 + 17 + 19 + 21 + 23 = 144.$$

$$1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12.$$

o sea, los 12 primeros números impares.

Esta propiedad jeneral de los números se demuestra fijándose que la 1.^a serie, de los números impares, es una progresión por diferencia i la 2.^a serie indica el número de términos de la 1.^a

Llamamos a al primer término de la progresion, l al último, d a la razon, n el número de términos i s a la suma de dichos términos.

Conocemos en álgebra la fórmula siguiente para determinar la suma s :

$$S = \frac{1}{2} n (2a + d(n-1)).$$

En la primera serie se tiene $a = 1$ i $d = 2$; reemplazando sus valores:

$$S = \frac{1}{2} n (2 + 2(n-1)) = n^2;$$

es decir, que la suma de los términos de la progresion por diferencia es igual al cuadrado del número que indica las cantidades de la 1.ª serie de números impares; lo que demuestra esa propiedad jeneral de los números, que nos servirá para obtener, por medio de la máquina, la raíz cuadrada de cualquier cantidad numérica.

Bastará restar sucesivamente de ésta todos los números impares, i el número de sustracciones posibles será la raíz buscada.

Si la sustraccion del último impar da por resta 0, el cuadrado es perfecto; si se llega a un valor mas pequeño que el número impar que debe restarse de aquél, el cuadrado no es perfecto.

Sea, por ejemplo, la raíz cuadrada del número 83. Le restaremos todos los números impares:

$$\begin{aligned} 83 - 1 &= 82; 82 - 3 = 79; 79 - 5 = 74; 74 - 7 = 67; 67 - 9 = 58; \\ 58 - 11 &= 47; 47 - 13 = 34; 34 - 15 = 19; 19 - 17 = 2; \end{aligned}$$

Se ha efectuado nueve sustracciones; la raíz es 9 i la resta 2.

Este método para estraer raíz cuadrada seria mui largo i laborioso; se le simplifica i es mas cómodo restarle al número dado de una sola vez el mayor cuadrado conocido, cuya raíz dará el número de términos que deben sumarse de la primera serie (números impares) cuya suma dará el cuadrado conocido.

Por medio de la máquina se resta de una sola vez los múltiplos de 10.

Para mayor claridad esplicaremos, por medio de un ejemplo práctico, el método que se debe seguir.

Busquemos la raíz cuadrada de 679.

1.º Se llevará el carrito móvil hacia la derecha hasta que la última ventanilla de la izquierda del registrador esté en frente de la última ranura vertical de la izquierda del tablero, es decir la 9. En esta posicion, en la máquina modelo medio, la mas usada, i que

es la que manejamos, la flecha estará frente a la ventanilla número 5 del contador, lo que nos indica que solamente podemos tener raíces cuadradas con 5 cifras;

2.º Escribamos el número 679 en el tablero lo mas a la izquierda posible, es decir, el 6 en la ranura 9, el 7 en la ranura 8 i el 9 en la 7. Viendo el número se observará que la raíz cuadrada tendrá dos cifras;

3.º Damos una vuelta positiva a la manivela i el número quedará inscrito a la izquierda del registrador;

4.º Se borra el tablero i deshacemos la vuelta a la manivela para que desaparezca el 1 en la ventanilla 5 del contador;

5.º Dividimos el número inscrito en el registrador en porciones de 2 cifras, dándonos 1 cifra para la primera separacion de la izquierda, es decir, 6 que será restado sucesivamente de los números impares: $6 - 1 = 5$; $5 - 3 = 2$; el número impar siguiente es 5, mayor que 2. En la casilla 5 del contador aparecerá un número 2 colocado, que serán las decenas de la raíz buscada.

En efecto, del número 679 hemos restado los primeros impares $1 + 3$, que forman 4 centenas, o sea 400, cuya raíz es 20; i si consideramos las dos series de la página 34 i el axioma jeneral que dedujimos, se observará que habremos restado de una sola vez los 20 primeros impares, puesto que el número 679 no contiene los 30 primeros que habrian resultado con $1 + 3 + 5$ centenas, o sea 900, cuya raíz cuadrada seria 30, que nos habria indicado igual cantidad de números impares; por consiguiente, 2 es la verdadera cifra de las decenas de la raíz buscada.

Debemos seguir restando los impares que vienen inmediatamente despues de los 20 primeros ya restados, cuyo último par se determina por la relacion:

$$2 \times n - 1 = 2 \times 20 - 1 = 39,$$

que será el vijésimo impar restado; entónces el primer impar siguiente que debe restarse es 41.

Se notará que se ha separado $1 + 3$ centenas i que 4, siguiendo a las 3 centenas, son las decenas de 41; es decir que *las decenas del primer impar para seguir restando, se forman por el par que viene inmediatamente despues del último impar separado; la cifra de las unidades será siempre 1*. Esta es una regla jeneral que se ha de tener presente para formar el primer impar siguiente que se ha de restar a las cifras que quedan del número dado;

6.º Se hace avanzar el carrito un lugar hácia la izquierda; la ventanilla 4 del contador quedará colocada debajo de la flecha;

7.º Este movimiento hace pasar la palanca de la ranura 9 al rango de las decenas de la resta 279, que contiene la serie de números impares a partir del órden 21, el cual es igual a 41 segun ya lo hemos visto. Para formar este número 41, la palanca de la ranura 9 que está en 3 baja a 4 i marcamos 1 en la ranura 8. Restaremos por vueltas negativas, sucesivamente 41 i los números impares que le siguen; para lo cual moveremos las palancas de las ranuras 9 i 8 del mismo modo que anteriormente:

$$279 - 41 = 238; 238 - 43 = 195; 195 - 45 = 150; 150 - 47 = 103; 103 - 49 = 54; \\ 54 - 51 = 3$$

Como 3 es mas pequeño que 53, el impar siguiente, no se podrá seguir la operacion siendo 3 la resta.

Se ha restado sucesivamente 6 impares (desde 41 a 51); en el contador se leerá un 6 rojo, a la derecha del 2, siendo, por consiguiente, 6 las unidades de la raíz i 26 la raíz cuadrada que se buscaba.

Lo que se ha dicho de la separacion de las centenas con relacion a la de las unidades, se dirá de la separacion de las decenas de mil con referencia a las centenas: el raciocinio i la operacion son los mismos.

Ejemplo: Se desea estraer la raíz cuadrada de 278394 con un décimo de aproximacion.

Separemos en porciones de 2 cifras:

$$27.83.94;$$

la raíz tendrá 3 cifras.

Se colocará el carro como en el primer caso, a la derecha, hasta que la última ventana a la izquierda del registrador esté en frente de la última ranura número 9 del tablero. Se escribe el número en éste, el que se registra en las ventanillas respectivas dando una vuelta positiva a la manivela, borrando en seguida el tablero i el 1 del contador.

Restaremos de 27, primera separacion del número dado, sucesivamente todos los impares posibles, empezando por 1:

$$27 - 1 = 26; 26 - 3 = 23; 23 - 5 = 18; 18 - 7 = 11; 11 - 9 = 2.$$

El contador marcará un 5 rojo, que será la centena de la raíz, i el resto 28,394 quedará en el registrador.

Se avanza el carrito un lugar hácia la izquierda o tomamos la cantidad 274 que nos dará las decenas de la raíz. Las decenas del número que restaremos a 283 se forma, como ya lo dijimos, aumentando en una unidad el último impar inscrito en el tablero, que es 9, i nos dará 10; las unidades empiezan por 1, luego el número compuesto es 101, que se escribirá en el tablero. Restaremos, por consiguiente, de 283 los mismos impares a partir de 101:

$$283 - 101 = 182; 182 - 103 = 79;$$

105 es mayor que 81, impar siguiente; las decenas de la raíz es 2, que aparecerá rojo en el contador, i la resta 7994 se leerá en el registrador, la cual nos dará las unidades de la raíz. Se mueve el carrito un lugar hácia la izquierda. El número para restar a 7994 se formará igualmente como los otros: el 103 del tablero se cambia en 104, aumentando el 3 en una unidad, i escribimos un 1 en la sesta ranura vertical, lo que nos da en el tablero el impar 1041, que empezaremos a restar a 7994:

$$7994 - 1041 = 6953; 6953 - 1043 = 5910; 5910 - 1045 = 4865; 4865 - 1047 = 3818; \\ 3818 - 1049 = 2769; 2769 - 1051 = 1718; 1718 - 1053 = 655.$$

Este último número, que será la resta, es mas pequeño que 1055, impar siguiente i las unidades de la raíz serán 7.

Para tener cifras decimales basta continuar la operacion del mismo modo. Se mueve el carro un lugar hácia la izquierda. En el tablero tenemos el último impar restado, 1053; el 3 se cambia en 4 i en la ranura 5.^a se escribe un 1 lo que nos dará 10541 que debere-
mos restar a 66500 para obtener las décimas de la raíz; esta cifra es 6 i la resta 3224.

Se avanza el carro otro lugar hácia la izquierda i consideramos el número 322400 que nos dará las centésimas de la raíz. En el tablero tenemos el último impar restado, 10551, que lo trasformamos en 105521, conforme a la regla conocida, el que restaremos a 322400. Las centésimas serán 3 i la resta 5831.

Luego, la raíz cuadrada de 278394, con aproximacion de centésimas, es 527,63 i la resta 0,5831, i no 5831, puesto que este número se ha multiplicado por 10,000.

La raíz de 4.^a potencia tambien se podrá encontrar, para lo cual bastará estraer dos veces la raíz cuadrada del número dado.

CARLOS CARVAJAL M.
Ingeniero Civil

