FABER-CASTELL

INSTRUCCIONES

Reglas de cálculo
de precisión

Sistema Rietz
1/87, 111/87, 4/87
Sistema Electro
1/98, 111/98, 4/98
Normal
1/60

A. W. FABER-CASTELL · STEIN BEI NÜRNBERG

FABER-CASTELL

Quien trabaja con FABER-CASTELL,

se queda con él

260

1/798 span.

Introducción

En estas instrucciones se explica el modo de operar con las reglas de cálculo CASTELL siguientes:

Normal-Trig. No. 1/60 Rietz No. 1/87, 111/87, 111/87 A, 4/87

Electro No. 1/98, 111/98, 4/98

Rogamos tomen nota del número de orden grabado debajo de la reglilla en su regla de cálculo y presten atención a las particularidades de este modelo presentadas en las instrucciones.

La construcción de la Regla de cálculo

La Regla de cálculo consta de **tres** piezas:

1. el cuerpo propiamente dicho, llamado **regla,**
2. la **reglilla,** que se desplaza dentro de la regla y
3. el **cursor** provisto de 5 trazos de lectura, que se desliza sobre las escalas.

Las escalas básicas

Toda regla de cálculo, por sencilla que sea, lleva las escalas **A** y **B** en la parte superior de la ranura de deslizamiento y las escalas **C** y **D** a lo largo de la ranura inferior. Por esta razón se llaman **escalas básicas.**

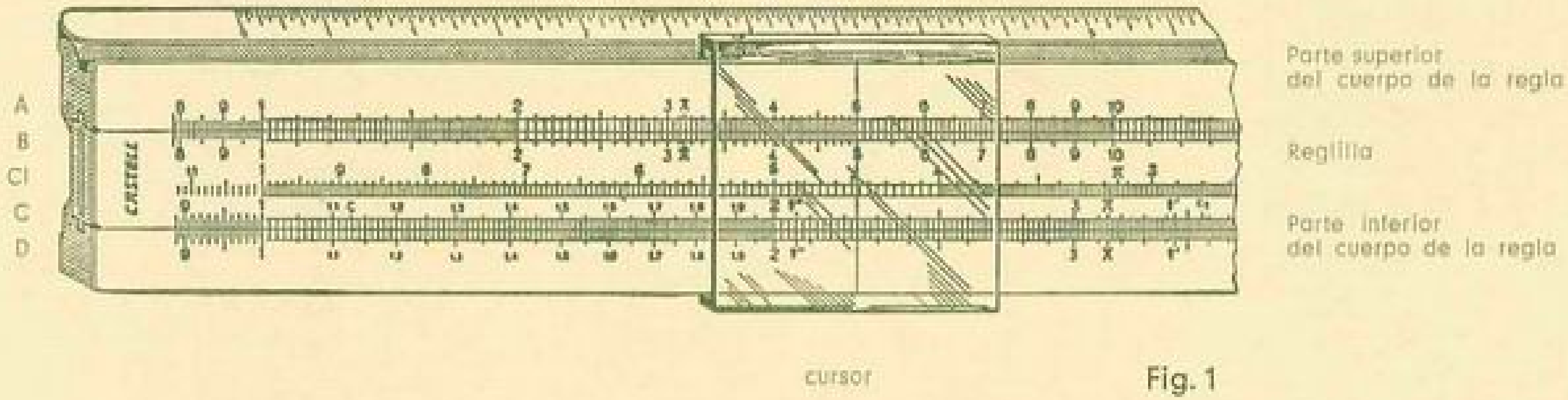


Fig. 1

Las escalas **A** y **B** son idénticas entre sí y van de **1 a 100.** Tambien las escalas **C** y **D** son iguales entre sí y van de **1** a **10.** Las escalas **A** y **D** se encuentran sobre la parte firme de la regla de cálculo, es decir, la parte inmovible de la misma, por lo que también se les da el nombre de **escalas del cuerpo** de la regla, entendiéndose bajo dicha expresión la regla de cálculo sin la reglilla. Las escalas **B** y **C**, en cambio, se encuentran sobre la reglilla (la pieza móvil) llamándose por este motivo también **escalas de reglilla.**
A este grupo de escalas pertenece además la **escala recíproca CI**, colocada sobre la reglilla entre **B** y **C**. Va de **10** a **1** (Fig. nº 1).

Las escalas adicionales

Para la fácil solución de problemas que rebasan la multiplicación, división, elevación al cuadrado y extracción de la raíz cuadrada, sirven las siguientes escalas adicionales; todas ellas trabajan juntamente con la escala básica **D.**

La **escala cúbica K** va de 1 a 1000 y se halla

en los modelos 1/87, 111/87, 4/87 sobre la escala A
en los modelos 1/98, 111/98, 4/98 en el costado inferior

La **escala uniforme L** sirve para leer los logaritmos decadarios y está indicada:

en los modelos 1/87, 111/87, 4/87 en el canto inferior bajo la escala **D**
en los modelos 1/98, 111/98, 4/98 al reverso de la reglilla.

Las **escalas para las funciones trigonométricas S** (sin, cos); **T** (tg, ctg); **ST** (arc sin, arc tg)

están indicadas al reverso de la reglilla.

Las **escalas exponenciales LL_2** y **LL_3** para exponentes positivos

están indicados en el canto superior y en el canto inferior del cuerpo de la regla en los modelos 1/98, 111/98, 4/98.

¿Cómo operamos con una regla de cálculo?

Los cálculos con dicha regla se basan en las leyes logarítmicas. Cómo es sabido, éstas sustituyen

1º La **multiplicación** de números por la **adición** de sus logaritmos.
2º La **división** de números por la resta de sus logaritmos.

La tabla de logaritmos resuelve por lo tanto cualquier problema aritmético por la primera fase más sencilla y el cálculo con nuestra regla nos ahorra incluso estas fáciles operaciones, puesto que las representa gráficamente. Por lo tanto en la regla de cálculo se convierte

la **multiplicación de dos valores en la adición de dos longitudes,** y
la **división de dos valores, en la resta de una longitud de la otra.**

La lectura en las escalas

Para empezar elegiremos de entre las muchas, las escalas más importantes: dos a ambos lados de la ranura de deslizamiento superior, llamadas A y B, y otras dos que bordean la ranura inferior, llamadas C y D, en otras palabras, las escalas A y D de la regla y B y C de la reglilla. Al hallarse ésta en su posición normal, es decir, sin sobresalir por ningún extremo de la regla, se verá que coinciden entre sí las escalas superiores A y B, lo mismo que las inferiores C y D. Con objeto de acostumbrarnos a las diversas subdivisiones examinaremos ahora detenidamente las escalas C y D.

El sector entre 1 y 2

Primeramente vemos en él grabadas décimas: 1,1; 1,2; 1,3 . . . . hasta 1,9, y entre ellas nuevas divisiones decimales, si bien ya no cifradas, porque las escalas ganan en claridad cuando minos inscripciones lleven. En la fig. 2 se ve un sector parcial con indicación de todos sus valores. No encontraremos dificultad alguna al tratar de determinar el valor correspondiente a cada una de las divisiones en el sector entre 1 y 2. No debemos hacer caso omiso del cero en el segundo lugar. Leeremos pues 1-0-0; 1-0-1; 1-0-2; 1-0-3; . . . . hasta 1-9-7; 1-9-8; 1-9-9; 2-0-0.

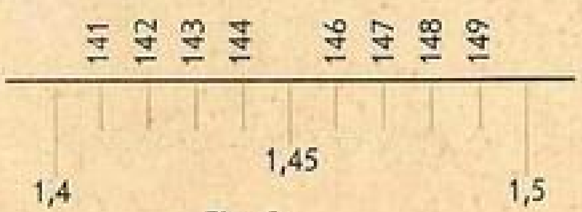


Fig. 2

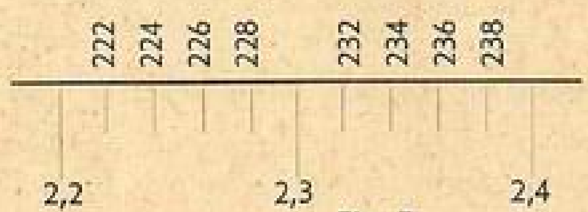


Fig. 3

El sector entre 2 y 4

El sector siguiente, subdividido uniformemente, va de 2 a 4. Contiene también décimas, si bien sin indicaciones. Entre ellas sólo han cabido quintos.
Basándonos en la fig. 3 que representa una sección parcial con todos sus valores, leeremos en el sector 2 a 4 el valor de cada división, o sea, 2-0-0; 2-0-2; 2-0-4; 2-0-6; 2-0-8; 2-1-0; 2-1-2; . . . . hasta 3-9-6; 3-9-8; 4-0-0.

El sector entre 4 y 10

En este último sector sólo van grabadas décimas y sus mitades, según puede verse en la fig. 4.

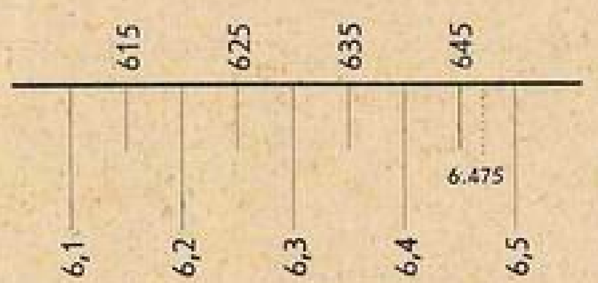


Fig. 4

Al leerlo se principia con 4-0-0; 4-0-5; 4-1-0; 4-1-5; 4-2-0; . . . . para terminar en 9-9-0; 9-9-5; 1-0-0-0.

Las divisiones superiores

Al compararlas con las inferiores se observará que son sólo la mitad de largas, pero que van grabadas dos veces seguidas. Por ser sus intérvalos más estrechos, las divisiones resultan diferentes. Entre 1 y 2 hay décimas y sus quintos, igual que abajo entre 2 y 4, y se lee 1-0-0; 1-0-2; 1-0-4; . . . . 1-9-6; 1-9-8; 2-0-0. Entre 2 y 5, en cambio, hay décimas y sus mitades, lo mismo que abajo entre 4 y 10, y se lee 2-0-0; 2-0-5; 2-1-0; 2-1-5; . . . . 4-8-0; 4-8-5; 4-9-0; 4-9-5; 5-0-0. En el último sector se encuentran sólo décimas y se lee 5-0; 5-1; 5-2; . . . . 9-8; 9-9; 1-0-0.

Por ahora nos abstenemos de fijarnos en las demás escalas de la Regla de cálculo y no pasaremos al artículo siguiente mientras no dominemos por completo la lectura en las escalas citadas, procurando por todos los medios **no caer en dos errores fundamentales,** a saber:

1. **No olvidar el cero en el segundo lugar** leyendo, por ejemplo, equivocadamente 3-4 en lugar 3-0-4 ó 1-6 en vez de 1-0-6.

2. **No confundir quintos con décimas** leyendo, por ejemplo, 2-1-3 cuando debe ser 2-1-6 ó 3-5-1 en lugar de 3-5-2.

El ajuste en las escalas

Al operar con la Regla de cálculo, los valores no corresponderán siempre a una determinada división y más bien caerán **entre** dos adyacentes. En estos casos es preciso saber leer con exactitud lo cual se consigue con un poco de práctica. Para este **"tanteo"** de los valores existen tres casos típicos representados en las figuras 5 a 7.

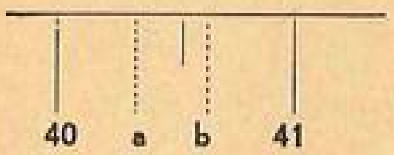


Fig. 5

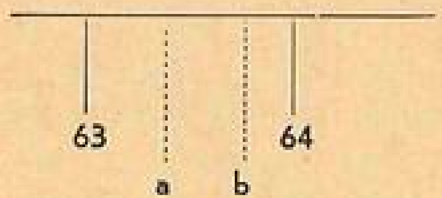


Fig. 6

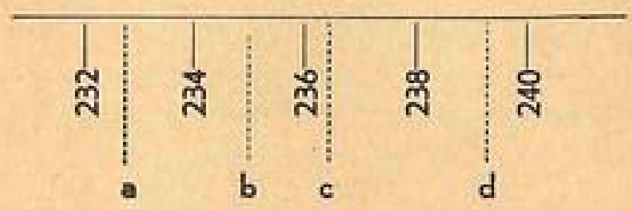


Fig. 7

En la fig. 5 está indicada la mitad entre dos divisiones, siendo, pues, necesario tantear a derecha o izquierda. En "a" leeremos 4-0-3 y en "b" 4-0-6. Se acierta mejor en el tanteo al fijarse primero en las mitades 4-0-2-5 y 4-0-7-5, que no están marcadas. En esta forma se tantea entre 2 y 5 de las escalas superiores y entre 4 y 10 de las inferiores. Vamos pues colocando el trazo del cursor sobre cualquier punto en los citados sectores, para ejercitarnos en la lectura de los valores respectivos.

En la fig. 6 hemos de leer **sin** tener marcada la mitad. En "a" será 6-3-4 y en "b" 6-3-8. Así procederemos entre 5 y 10 de las escalas superiores y entre 1 y 2 de las inferiores. También en estos casos conviene fijarse en la mitad (6-3-5).

Para perfeccionarnos vamos colocando el trazo del cursor en una serie de puntos cualesquiera.

Mayor atención todavía requiere le lectura en la fig. 7, pues ha de tenerse muy en cuenta **que sólo existen quintos.**

Lo más sencillo es proceder igual que en la fig. 6 y doblar después:

Posición	"a":	se	calcula	4	que	doblado	da	8;	resultado	2-3-2-8
„	"b":	„	„	6	„	„	„	12;	„	2-3-4-0 + 1-2 = 2-3-5-2
„	"c":	„	„	2	„	„	„	4;	„	2-3-6-4
„	"d":	„	„	7	„	„	„	14;	„	2-3-9-4.

Así se operará entre 1 y 2 (10 y 20) de las escalas superiores y entre 2 y 4 de las inferiores. También aquí iremos colocando el trazo del cursor sobre diferentes puntos y leeremos su valor.

Un ejercicio excelente consiste en dar a la reglilla una posición cualquiera, situar después el trazo del cursor sobre un punto y leer debajo del mismo los valores que indique, en A, B, C y D. Además se leerá lo que frente a B 1 se halle en A, lo que frente a A 100 en B, frente a C 1 en D y frente a D 10 en C.

En la práctica no suele ser necesaria una lectura tan precisa como acabamos de señalar. Basta acostumbrarse a leer tres guarismos y sólo cuando el primero sea un 1, deben leerse cuatro.

El principiante suele encontrar dificultades al "tantear" valores entre divisiones vecinas. Para ejercitarse en ello se recomienda dividir una longitud de un centímetro en diez milímetros y cubrir la división (fig. 8). Luego se sitúa la punta de un lápiz en un punto cualquiera entre las rayas finales y se calcula mentalmente el valor respectivo. Finalmente se descubre la división milimétrica y se comprueba el grado de precisión alcanzado en el tanteo.

Fig. 8

Es indispensable dominar por completo la técnica de ajustar y leer, antes de pasar a los cálculos en sí
Se aconseja pues intercalar varias horas de ejercicios antes de seguir en la lectura.

La multiplicación

Ejemplo: $2{,}5 \cdot 3 = 7{,}5$

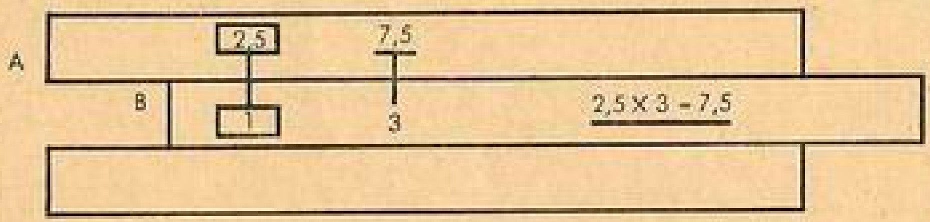


Fig. 9

Se hace coincidir el principio de la escala (**B** 1) en la reglilla con el 2,5 del cuerpo (**A** 25) y se coloca el trazo del cursor sobre el 3 en la escala superior (**B** 3). Entonces dicho trazo indica el producto 7,5 en la escala superior (**A** 75).
En las escalas inferiores se puede operar igual.

a · b

Ejemplo: $2{,}45 \cdot 3 = 7{,}35$

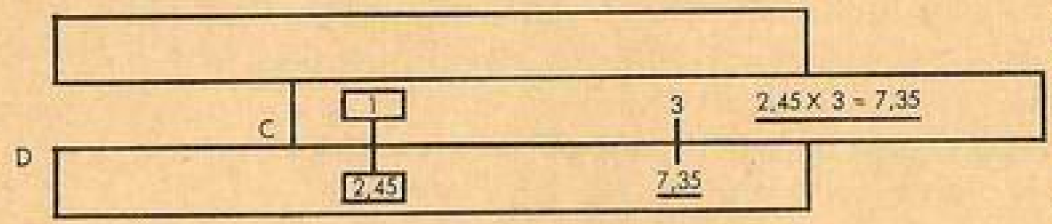


Fig. 10

Se hace coincidir el 1 de la reglilla (**C** 1) con el 2,45 de la escala inferior del cuerpo (**D** 245) y se coloca el trazo del cursor sobre el 3 de la escala inferior de la reglilla (**C** 3). Entonces dicho trazo indica el producto 7,35 en la escala inferior del cuerpo (**D** 735).

Ejemplo: $7{,}5 \cdot 4{,}8 = 36$

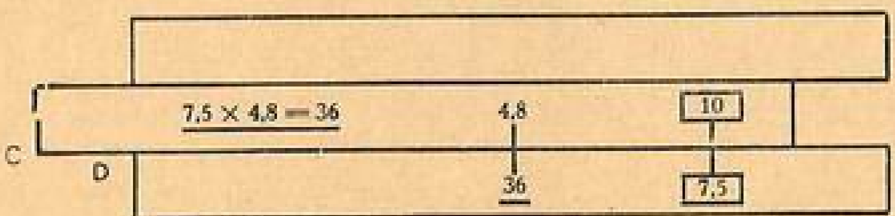


Fig. 11

Al operar en las escalas inferiores, se notará que a veces el segundo factor de un problema de multiplicación no cabe dentro de la escala inferior del cuerpo. En este caso se hace coincidir **C** 10 con el factor primero, se coloca el trazo del cursor sobre el segundo, y se lee el resultado indicado por él.

La división

Ejemplo: 9,85 : 2,5 = 3,94

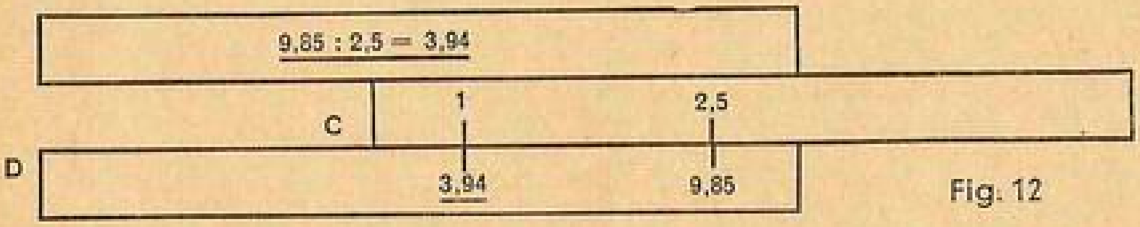


Fig. 12

Se hace coincidir el divisor 2,5 en la escala inferior de la reglilla (**C** 25) con el dividendo 9,85 en la escala inferior del cuerpo (**D** 985) y se lee bajo el principio de la reglilla (**C** 1) el cuociente 3,94.

$$\boxed{\frac{a}{b}}$$

Naturalmente esta operación resulta también factible en las escalas superiores, con la lectura sobre el extremo izquierdo o derecho (**B** 1) ó (**B** 100) en la escala **A.**

La formación de tablas

Ejemplo: Las Libras Inglesas hay que convertirlas en Kilogramos.

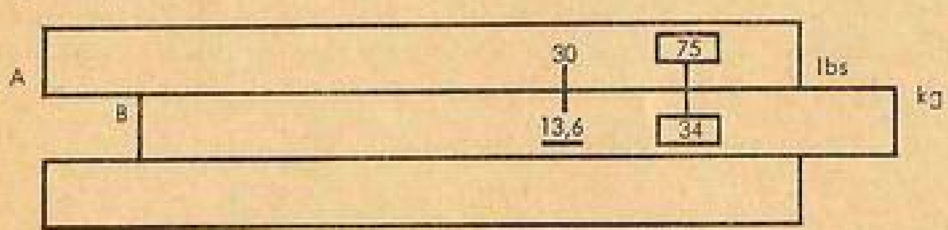


Fig. 13

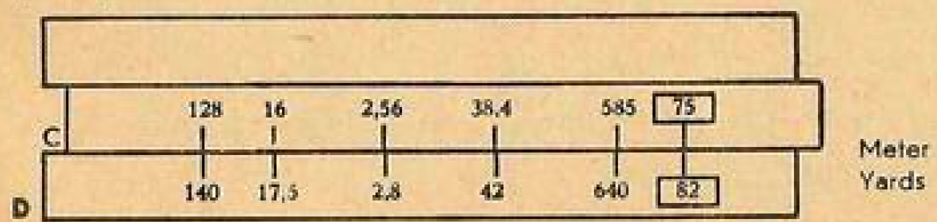
$$\boxed{\frac{a}{b} : \frac{c}{d} : \frac{e}{f}}$$

75 libras inglesas = 34 kgs. Se busca en la escala A la cifra 75 colocando debajo el valor 34 en **B**, o lo que es igual: **B** 34 viene debajo de A 75.

De esta forma la tabla ya queda formada: en **A** se hallan las libras, en **B** los kgs., leyendo así: 30 libras = 13,6 kgs. (fig. 13); 410 libras = 186 kgs.; 2,25 libras = 1,02 kgs. El trazo del cursor facilita grandemente la colocación y lectura. Hasta aquí se leyó de **A** a **B**. Al leer en dirección opuesta se hace de kilos = libras. 68 kgs. = 150 libras; 2,2 kgs. = 4,85 libras; 78 kgs. = 172 libras, etc.

También pueden aprovecharse las escalas inferiores.

Ejemplo: Se quieren convertir yardas en metros. 82 yardas = 75 metros.



Se coloca **C** 75 sobre **D** 82 y se leerá: 42 yardas = 38,4 metros; 2,8 yardas = 2,56 m; 640 yardas = 585 m; 16 m = 17,5 yardas; 128 m = 140 yardas, etc. etc.

Fig. 14

Ejemplo: Hay que cambiar una lista de tal manera que todos sus precios queden aumentados en un 14%. Se puede hacer la operación en **A** y **B**, o en **C** y **D**; en el último caso se obtendrá un resultado algo más exacto. Se coloca 100 debajo de 114, es decir, a la izquierda de donde comienzan las escalas 1 y 1,14 (ya que las 100 Ptas se hacen 114 Ptas). Con esto queda formada la tabla y a lo largo de la escala se leen los precios nuevos debajo de los antiguos

precio antiguo Ptas 1.65	precio nuevo Ptas 1.88
precio antiguo Ptas 286.—	precio nuevo Ptas 326.—
precio antiguo Ptas 43.—	precio nuevo Ptas 49.—
precio antiguo Ptas 5.35	precio nuevo Ptas 6.10 etc. etc.

La escala recíproca CI

$\boxed{\frac{1}{a}}$

1. Para obtener el valor recíproco **1 : a** de un número dado (a) se lo coloca en **C** (o en **CI**) y encima, en **CI** (o debajo, en **C**), se lee el valor recíproco. Quiere esto decir, que se obtiene la lectura sin desplazamiento de la reglilla, sólo con el cursor. También podrá encontrarse su valor en la escala **D**, si la reglilla está en su posición inicial.

   Ejemplo: 1 : 8 = 0,125; 1 : 5 = 0,2; 1 : 4 = 0,25; 1 : 3 = 0,333; 1 : 2,2 = 0,4545; 1 : 12 = 0,0833.

$\boxed{\frac{1}{a^2}}$

2. Al buscar **1 : a²** se coloca el cursor sobre **a** de la escala **CI** y encima, en **B**, se lee el resultado $1 : a^2$.

   Ejemplo: $1 : 2{,}44^2 = 0{,}168$

   Cálculo mental: menos de $\frac{1}{5} = 0{,}2$.

$\boxed{\frac{1}{\sqrt{a}}}$

3. Al buscar **1 : $\sqrt{a}$** se coloca el cursor sobre **a** de la escala **B** y debajo, en **CI**, se halla el resultado **1 : $\sqrt{a}$.**

   Ejemplo: $1 : \sqrt{27{,}4} = 0{,}191$

   Cálculo mental: menos de $\frac{1}{5} = 0{,}2$.

$\boxed{\frac{1}{a^3}}$

4. Al buscar **1 : a³**, se coloca la raya del cursor sobre a de la escala **CI** y se hallará el resultado en la escala **K.**

   Ejemplo: $1 : 2{,}26^3 = 0{,}0866$. Cálculo mental: menos de $\frac{1}{8} = 0{,}125$.

5. Al buscar **1 : $\sqrt[3]{a}$,** se coloca la raya del cursor sobre a de la escala **K** y se hallará el resultado debajo de la raya del cursor en la escala CI. $\boxed{\frac{1}{\sqrt[3]{a}}}$

Ejemplo: $1 : \sqrt[3]{13} = 0{,}425$.

Cálculo mental: menos de $\frac{1}{2} = 0{,}5$.

Productos de tres factores $\boxed{a \cdot b \cdot c}$

Al aplicar la escala **CI,** basta sólo un desplazamiento de la reglilla. Con ayuda del cursor se hacen coincidir los dos primeros factores en **D** y **CI**; acto seguido se coloca el cursor sobre el tercer factor en **C**, y debajo, en **D**, se lee el producto total.

Ejemplo: $6{,}6 \cdot 2{,}03 \cdot 2{,}38 = 31{,}9$ Cálculo mental: más que $7 \cdot 2 \cdot 2 = 28$

Multiplicaciones y divisiones combinadas

Ejemplo: $\dfrac{36{,}4}{3{,}2 \cdot 4{,}6} = 2{,}472$ $\boxed{\frac{a}{b \cdot c}}$

Se sobrepone con ayuda de la raya del cursor 3-6-4 y 3-2 sobre **D** y **C** respectivamente, no hace falta leer el resultado intermediario (11,37), sino se ajusta la raya del cursor sobre 4-6 de la escala **CI.** Esto corresponde a una multiplicación con $\frac{1}{4{,}6}$. Entonces se lee igualmente bajo la raya del cursor el resultado 2,472 sobre la escala **D.**

El cuadrado y la raíz cuadrada

Las escalas **A** y **B** están en proporción 1 : 2 con las escalas **C** y **D.** El equivalente en **A**, de una cantidad en **D**, es esta cantidad elevada al cuadrado. Partiendo, en cambio, de las escalas de cuadrados **A** y **B**, se hallará la raíz cuadrada en las escalas **C** y **D.** (Fig. 15)

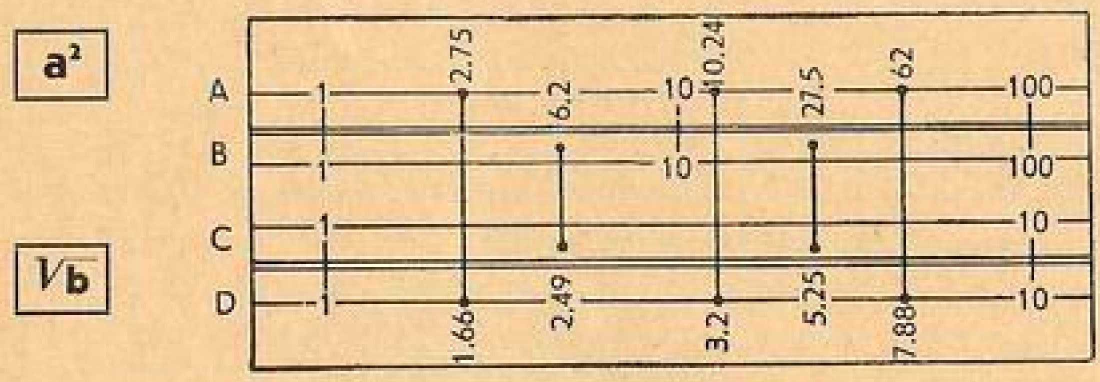


Fig. 15

Ejemplo:

Cálculo de la superficie de un cuadrado, cuyo lado es de 47 dm.

$$F = 47^2 = 2209 \text{ (dm}^2\text{)}$$

Ejemplo:

Calcular el diámetro de un eje para N = 50 CV y n = 400 r.p.m.

$$d = 12 \times \sqrt[4]{\frac{P}{V}} = 12 \times \sqrt{\sqrt{\frac{50}{400}}} = 7{\cdot}138$$

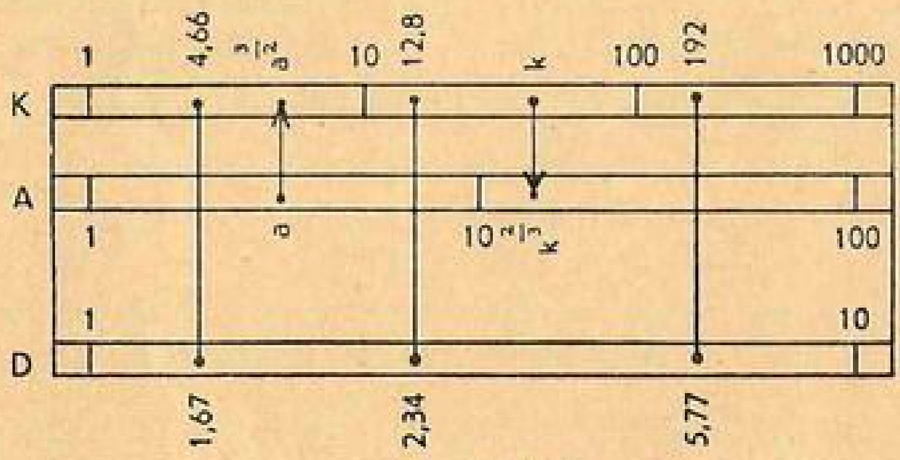
Al extraer una raíz cuadrada no es indiferente en qué mitad de las divisiones superiores, se fija el radicando ya que por $\sqrt{a}$ y por $\sqrt{10a}$ no se diferencian solamente por la posición de la coma. Nosotros tomamos como ejemplo la $\sqrt{6{,}2}$ y $\sqrt{62}$. Si ajustamos los valores 6 . . . . . 2 a la izquierda, entonces extraemos la raíz de 6,2 = 2,49, y si se fija a la derecha, entonces obtendremos la raíz de 62 = 7,88. Por lo tanto nos tendremos que guiar según las cifras 1 . . . . 10 . . . . 100. Si el radicando cae afuera del intervalo de 1 a 100, entonces la tendremos que trasladar por medio de una segregación potencial apropiada de 100, a este intervalo.

Ejemplos: $\sqrt{1922} = \sqrt{100 \cdot 19{,}22} = 10 \cdot \sqrt{19{,}22} = 10 \cdot 4{,}38 = 43{,}8$

$\sqrt{0{,}000\,071} = \sqrt{71 : 1\,000\,000} = \sqrt{71} : 1000 = 8{,}43 : 1000 = 0{,}008\,43.$

Cubo y raíz cúbica

La escala **K** está aplicada en la proporción de 1 : 3. Al pasar de la escala **D** a **K**, la cifra respectiva será elevada a la tercera potencia y si se pasa de **K** a **D**, se extrae la raíz cúbica, según se ve en la figura 16. Al fijar el radicando de una raíz cúbica deben tenerse muy en cuenta los valores 1 . . . . 10 . . . . 100 . . . . 1000 . , indicados en



$$\boxed{a^3 \quad \sqrt[3]{a}}$$

$$\boxed{a^{\frac{3}{2}} \quad k^{\frac{2}{3}}}$$

Fig. 16

la escala **K**. Si el radicando no cae en el intervalo de 1 a 1000, entonces le tendremos que trasladar por medio de una segregación potencial apropiada de 1000 a este intervalo.

Ejemplos: $\sqrt[3]{1\,260\,000} = \sqrt[3]{1000^2 \cdot 1{,}26} = 10^2 \cdot \sqrt[3]{1{,}26} = 100 \cdot 1{,}08 = 108$

$\sqrt[3]{0{,}32} = \sqrt[3]{320 : 1000} = \sqrt[3]{320} : 10 = 6{,}84 : 10 = 0{,}684$

Al combinar la escala cúbica con **A**, se obtendrán potencias con los exponentes $\frac{3}{2}$ y $\frac{2}{3}$ según ilustra la figura 16.

Las escalas trigonométricas

La escalas de senos

sen α

cos α

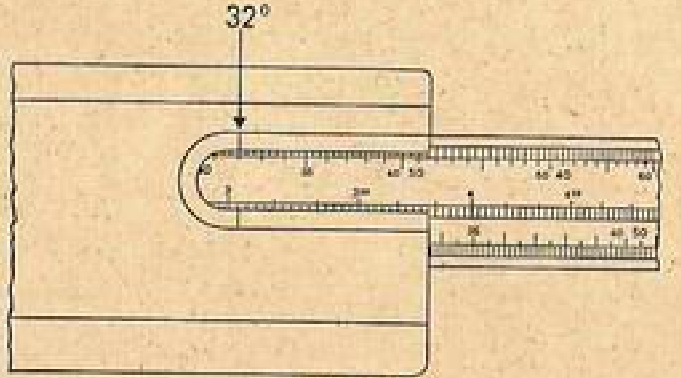


Fig. 17a

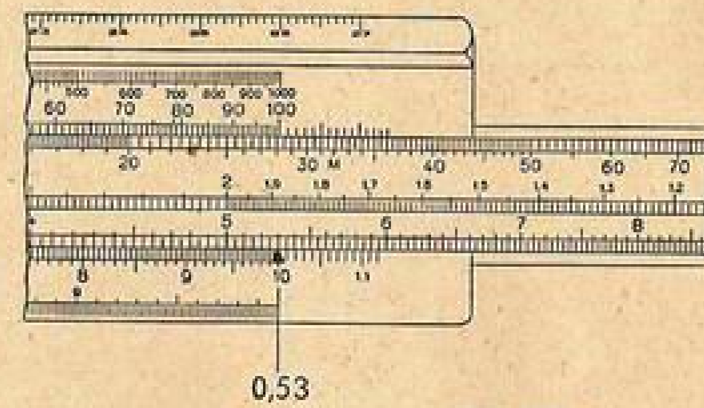


Fig. 17b

En los modelos 1/87, 111/87, 4/87

Para leer "sen 32°" volvemos la regla de cálculo. Se corre la reglilla a la derecha hasta que aparece debajo del trazo indicador superior de la escotadura derecha sen 32 (véase fig. 17a). Al volver la regla de cálculo se lee encima de D 10 en C las cifras 5—3 (véase fig. 17b). Todos los números de la escala C pueden ser divididos por 10. Por consiguiente sen 32° = 0,53. También podíamos tirar la reglilla a la izquierda, hasta que "sen 32" aparece debajo del trazo superior de la izquierda, pero no es recomendable, siendo la reglilla demasiado extraída. La colocación izquierda se escoge al calcular con ángulos pequeños.

Ejercicios:	sen 34° = 0,559	sen 65° = 0,906
	sen 17°30′ = 0,301	sen 45° = 0,707.

En las reglas de cálculo 1/60, 1/98, 111/98, 4/98

se procede de la misma manera. En estos casos la escala de senos opera en conjunto con la escala B. El comienzo (A 1) o el final (A 100) de la escala A indican el resultado. Pero ha de considerarse todos los valores divididos por 100. La escala B alcanza, por tanto, de 0,01 a 1.

El coseno de un ángulo se lo halla empleando la escala de senos de derecha a izquierda (numeración en rojo), o empleando la relación $\cos \alpha = \text{sen}\,(R - \alpha)$.

Se lee el coseno:

encima de D sobre la escala C en las reglas de cálculo Rietz 1/87, 111/87, 4/87,

debajo de A en la escala B en las reglas de cálculo Electro 1/98, 111/98, 4/98.

La escala de tangentes

Su lectura es parecida a la que acabamos de describir. Funciona en combinación con la escala inferior C, que representa valores entre 0,1 y 1. En ella se aplica **exclusivamente** el trazo indicador inferior de la escotadura izquierda. Para hallar, por ejemplo, tg 7°40′ se corre la reglilla a la izquierda hasta que 7°40′ de la escala de tangentes se encuentre frente al trazo indicador izquierdo (fig. 18a). Al volver la regla de cálculo se hallarán frente a D 1 y en C los guarismos 1-3-4-6. Tg 7°40′ es pues 0,1346 (fig. 18b).

tg a

ctg a

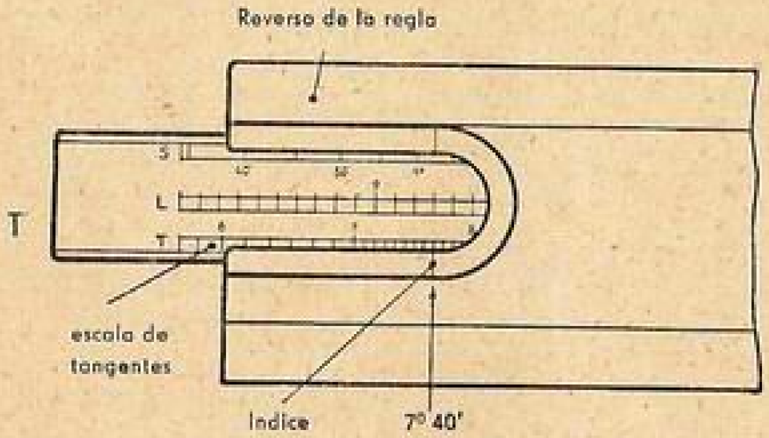


Fig. 18a

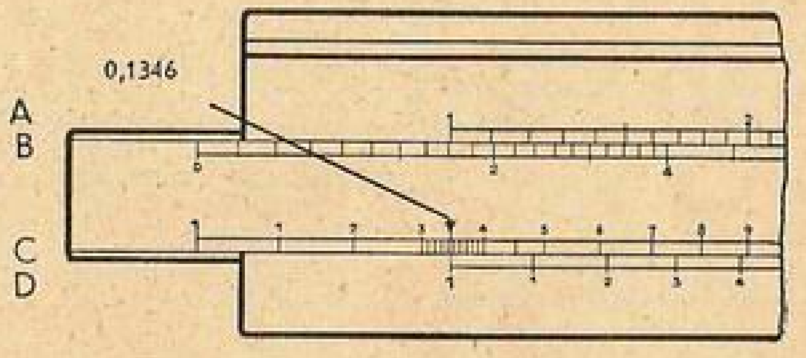


Fig. 18b

Ejercicios:

tg 44° = 0,966
tg 34°30′ = 0,687
tg 12°40′ = 0,225
tg 8°20′ = 0,1465.

Los valores de tangentes de ángulos superiores a 45° y los de cotangentes se hallarán con ayuda de las expresiones ctg α = tg (R—α) y ctg α = 1 : tg α.

Para la última relación se ajusta la tangente del ángulo (p. ej. 23°40′) encima del trazo de lectura del reverso de la regla, pudiendo leerse la tangente encima de D 1 con 0,438 y con ayuda del trazo del cursor en la escala CI de recíprocos el valor de la cotangente para 2,28.

En la regla de cálculo 4/98 la escala de tangentes T opera en conjunto con la escala B. Se ajusta como se ha descrito, pero se lee en B debajo de A 1. Los valores leídos han de dividirse por 100.

La escala de seno-tangentes

Las reglas de cálculo CASTELL 1/87, 4/87, y 111/87 llevan en el reverso de su reglilla, además de las escalas S y T, otra combinada de seno-tangentes (ST) para ángulos entre 34' y 5°43' cuyos senos y tangentes no se diferencian apreciablemente, por tratarse de ángulos muy cerrados. En el de 35', la diferencia deja de ser apreciable en la cuarta cifra decimal, y en el de 5°40' asciende a 0,0005 aproximadamente. En las operaciones se utiliza el índice inferior a la derecha, se dividen por 100 los valores que se hallan en la escala C, y se multiplican por 10 los de las cotangentes leídos en D.

Ejemplos: sen. 3°38' ó tg. 3°38' = 0,0634 (véase fig. 19)

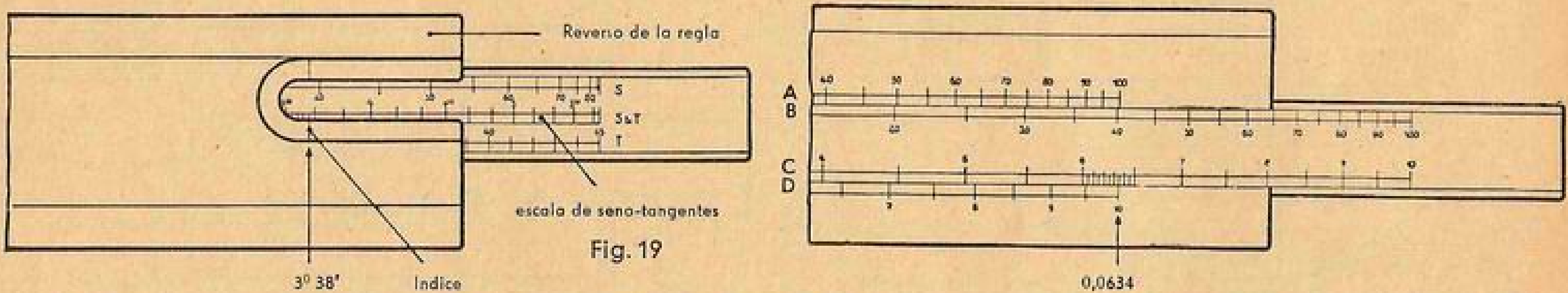


Fig. 19

Al hacer coincidir el ángulo de 3°38' de la escala ST con el índice inferior a la derecha, se halla sobre el anverso de la regla y frente a D 10 en C el resultado 0,0634.

Las marcas ϱ' y ϱ''

Las marcas ϱ' y ϱ'' sirven para leer las funciones de los ángulos mucho más pequeños. Los dos se hallarán en la escala C de las reglas de cálculo **CASTELL** entre los valores C 34 y C 35 o bien entre C 20 y C 21.

ϱ' se aplica si el ángulo es dado en minutos y ϱ'' en segundos.

En ángulos tan pequeños las funciones trigonométricas senos y tangentes no se distinguen más del Arcus.

Ejemplo: sen 17' $\approx$ tg 17' $\approx$ arc 17' = 0,00495.

Se coloca la marca ϱ' encima de D 17 y se halla la función debajo de C 10 en la escala D.

Ejemplo: sen 43'' $\approx$ tg 43'' $\approx$ arc 43'' = 0,000 208 5.

Se coloca la marca ϱ'' encima de D 43 y se halla debajo de C 1 en la escala D la función.

La escala para logaritmos decimales (Reglas de cálculo »Rietz« 1/87, 111/87, 4/87)

La escala L se halla debajo de la escala D y sirve para leer los logaritmos. Para hallar log 1,35 colocamos el trazo del cursor sobre D 1-3-5 y leemos debajo en la escala L las cifras 1-3-0-3. Es la mantisa. La cifra señal es 0, ..., log 1,35 = 0,1303 (véase fig. 20).
Invirtiendo el procedimiento, hallaremos el Numeros para el logaritmo. Siendo dado el logaritmo 2,374, separamos la cifra señal 2, . . . y buscamos la mantisa 3-7-4, esto es que el trazo del cursor se coloca en L 3-7-4 para mostrar entonces en D las cifras 2-3-6-6. Como la cifra señal era 2, el numero buscado es 236,6.
Ejercicios: log 57,3 = 1,758; log 0,237 = 0,375-1; log 1938 = 3,287; log 9,06 = 0,957.

log a

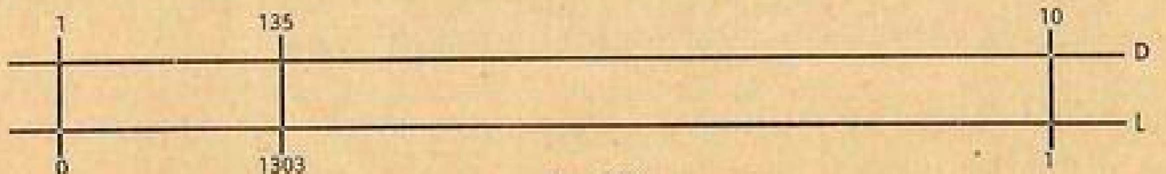


Fig. 20

Reglas de cálculo »Electro« 1/98, 111/98, 4/98

Como se ha indicado más arriba, la escala **L** del reverso de la reglilla sirve para determinar los logaritmos de un número dado.
Ejemplo: log 1,35 = 0,1303 (Fig. 21).

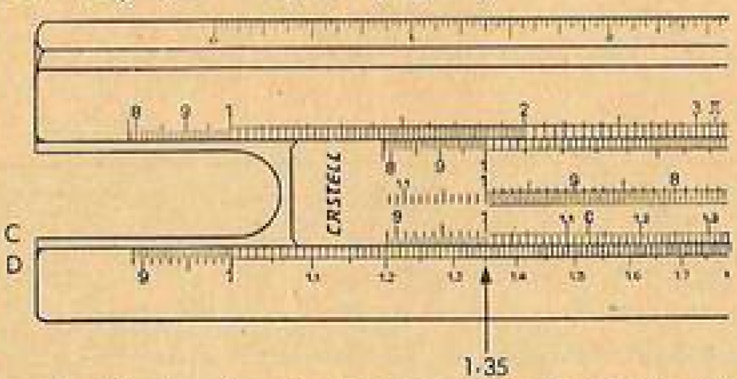
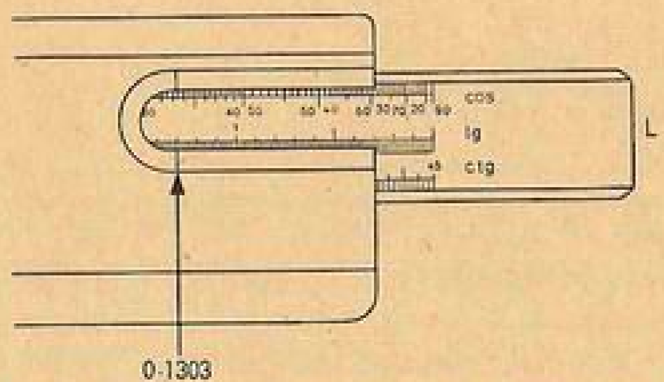


Fig. 21



Se hace coincidir la cifra 1 de la escala **C** con 1_{35} de **D** y se hallará la mantisa 1303 en la escala **L** encima del trazo indicador inferior de la derecha. Es preciso calcular la característica, que en este caso es cero. El logaritmo será pues 0,1303.

Los cálculos con marcas fijas.

Señales π y M

Para el número π hay en la regla de cálculo una marca especial que facilita los cálculos en la circunferencia. Conviene, sin embargo, servirse a menudo del valor recíproco $1:\pi$ indicado en las divisiones por la marca M. También el valor frecuentemente utilizado de $\frac{\pi}{4} = 0{,}7854$ ha sido marcado con una rayita en las dos escalas superiores **A** y **B**.

Señales C y C_1

Si se coloca la señal C o C_1 encima del diámetro (d) de la escala inferior **D** de la regla, entonces encontramos encima de **B** 1 o **B** 10 o **B** 100 el área $\frac{d^2\pi}{4}$ que corresponde a dicho diámetro. Hay que elegir aquella de las dos señales para la cual la reglilla queda en la mayor longitud posible en el interior de la regla.

E j e m p l o : Si se coloca C sobre **D** 2,82 cm, se lee sobre **A** el área 6,24 cm².

La escala exponencial (log-log) (CASTELL Electro 1/98, 4/98, 111/98)

Esta escala empieza en el borde izquierdo superior con 1,1 y se extiende hasta 3,2 (marcada $\mathbf{LL_2}$), continua luego abajo, a la izquierda, repitiendo el sector 2,5 a 3,2, y termina finalmente a la derecha, abajo, con 100,000 ($\mathbf{LL_3}$). Ahora bien; como estas dos partes de la escala de log-log están dispuestas entre sí y de un modo determinado con respecto a la división inferior de la regla resultan numerosas posibilidades de aplicación:

1. Debajo de cada cifra de la escala log-log superior, $\mathbf{LL_2}$, se encuentra su 10ª potencia en la correspondiente escala $\mathbf{LL_3}$.

$\boxed{a^n}$

Ejemplos: $1{,}1072^{10} = 2{,}769$ (Fig. 22a). $1{,}204^{10} = 6{,}4$ (Fig. 22b). $1{,}443^{10} = 39{,}15$ (Fig. 22c). $0{,}1443^{10} = \left(\frac{1{,}443}{10}\right)^{10} = \frac{39{,}15}{10^{10}}$

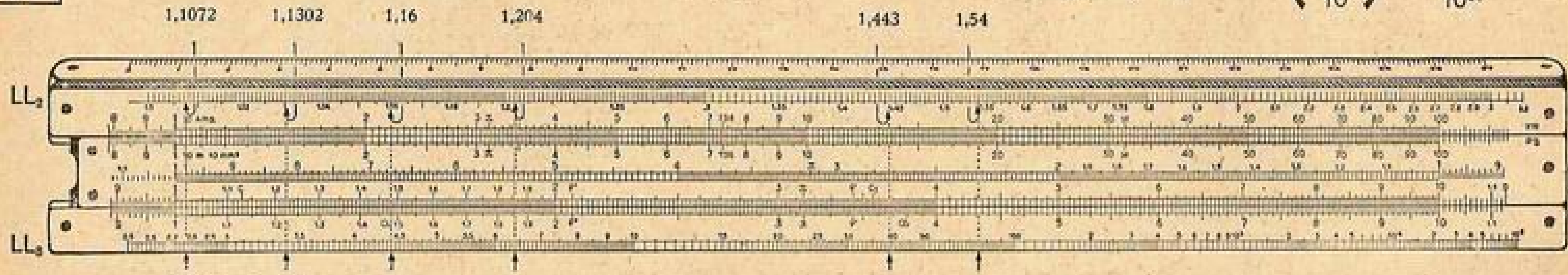


Fig. 22

2. Sobre cada cifra de la escala log-log inferior (**LL₃**) se encuentra su 10ª raíz en la división superior (**LL₂**).

$\sqrt[10]{3{,}4} = 1{,}1302$ (Fig. 22d). $\sqrt[10]{4{,}41} = 1{,}16$ (Fig. 22e). $\sqrt[10]{75} = 1{,}54$ (Fig. 22f).

$\boxed{\sqrt[10]{a}}$

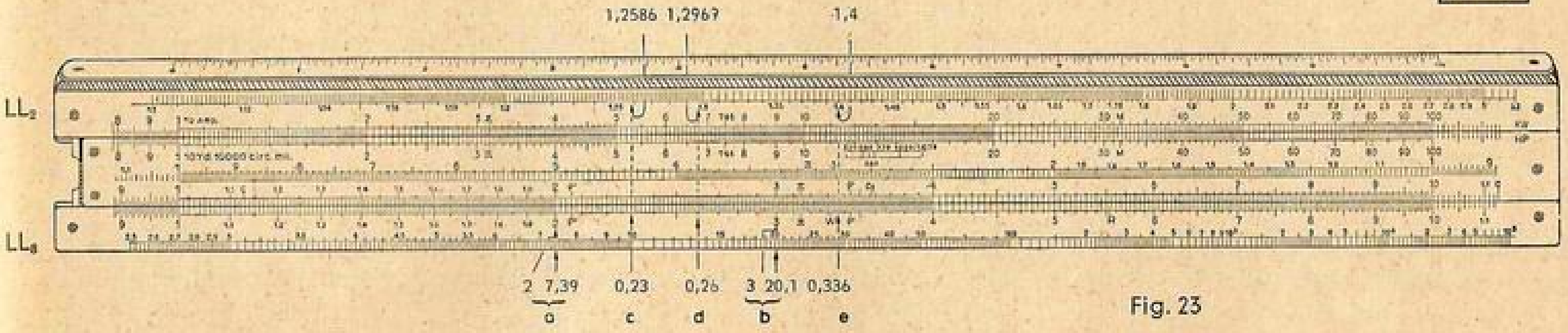


Fig. 23

3. Debajo de cada cifra **n** de la escala inferior **D** de la regla se encuentra e^n en la escala log-log inferior (**LL₃**).

Ejemplo: $e^2 = 7{,}39$ (Fig. 23a). $e^3 = 20{,}1$ (Fig. 23b).

4. Que sobre cada cifra **n** de la escala inferior de la regla **D** se encuentra $e^{\frac{n}{10}}$ en la escala log-log superior (**LL₂**).

Ejemplo: $e^{0,23} = 1{,}2586$ (Fig. 23c). $e^{0,26} = 1{,}2969$ (Fig. 23d). $e^{0,336} = 1{,}4$ (Fig. 23e).

5. Si se quieren extraer raíces de **e**, habrá que convertir el exponente (por ejemplo 5) en número decimal (0,2) y proceder como en el ejemplo 4. Si hay muchas raíces que extraer, o si el exponente es un quebrado, por ejemplo, se pondrá la división recíproca **CI.**

Ejemplo: $\sqrt[2,17]{e} = 1{,}5853$ (Fig. 24c).

6. Si hay que calcular la cantidad e^{-n}, se leerá primeramente e^{+n}, y luego se calculará en la regla su valor recíproco.

7. Si hay que resolver la ecuación exponencial $e^x = a$, se llevará a, según su valor, a la escala exponencial superior o inferior y se leerá x en la escala D de la regla.
Ejemplo: $e^x = 20{,}1$ $x = 3$ (Fig. 24a). $e^x = 11$ $x = 2{,}4$ (Fig. 24b).

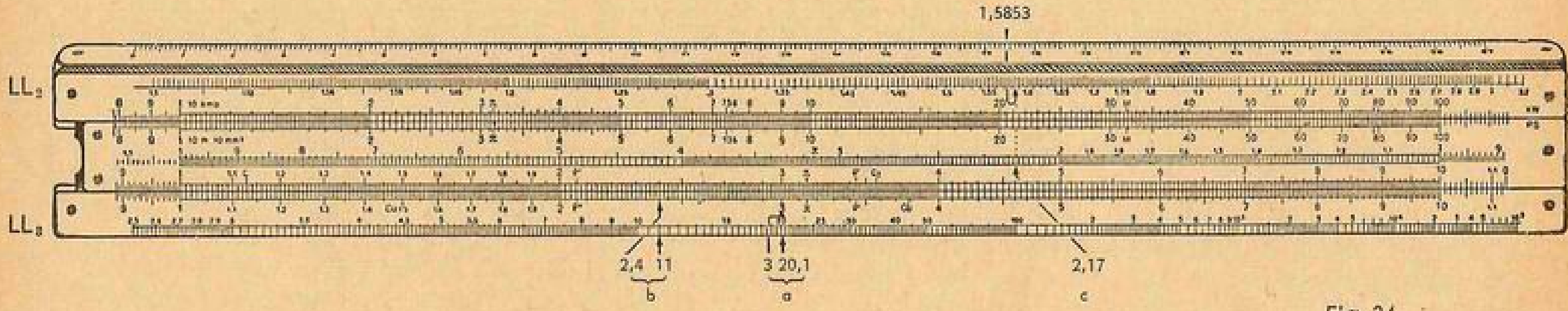


Fig. 24

8. Si se quiere resolver una ecuación exponencial de la forma $e^{\frac{1}{y}} = \sqrt[y]{e} = a$, sin determinar el valor recíproco, hay que servirse de la división recíproca **CI.**

Ejemplo: $e^{\frac{1}{y}} = 1{,}485$ $y = 2{,}529$ (Fig. 25a).

9. Los valores de la escala **D** representan los logaritmos naturales de las cifras contenidas en la escala exponencial.

Ejemplo: $\ln 94 = 4{,}54$ (Fig. 25b);
Ejemplo: $\ln 1{,}87 = 0{,}626$ (Fig. 25c).

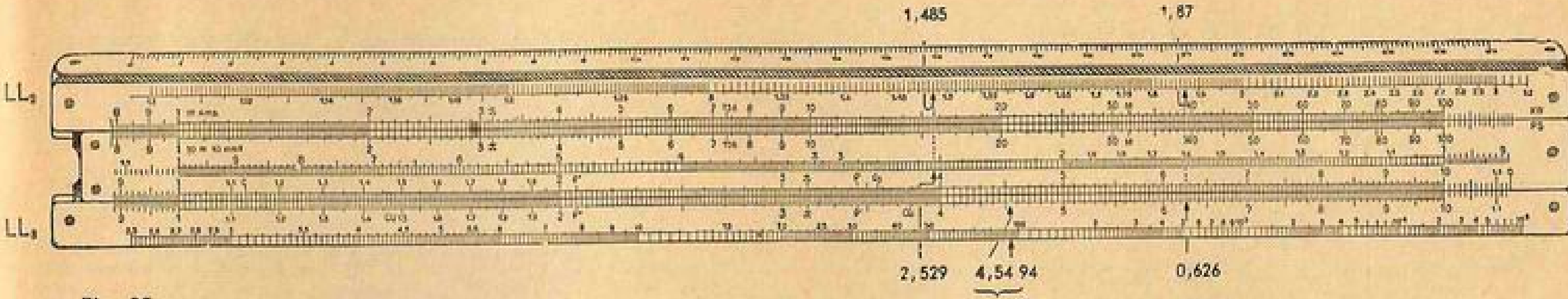


Fig. 25

Hasta ahora sólo se ha hecho uso del cursor; si se emplea la reglilla, podrán efectuarse las operaciones siguientes.

10. Elevación a potencia con exponentes fraccionarios.

Ejemplo: $1{,}277^{2{,}22} = 1{,}72$ (Fig. 26).

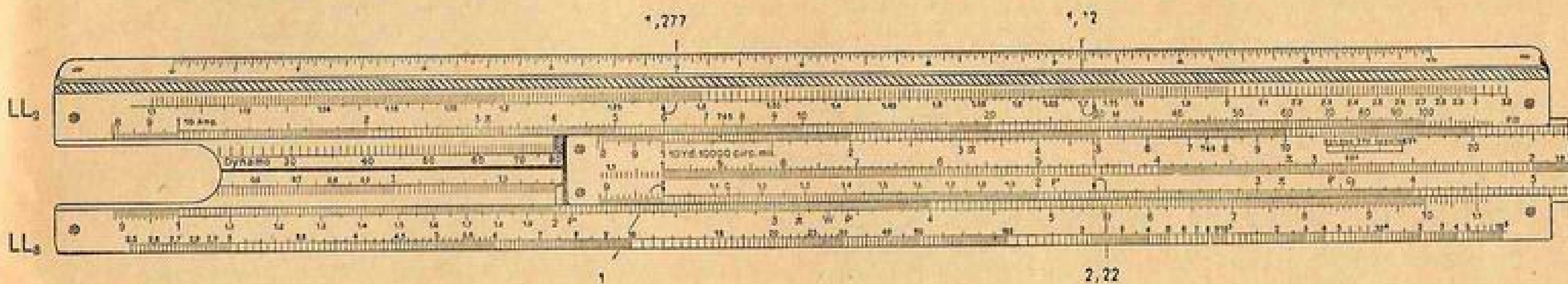


Fig. 26

Se coloca mediante la raya del cursor la cifra 1 de la escala **C** (**C** 1) debajo de 1,277 de la escala $\mathbf{LL_2}$ y se hallará en la escala $\mathbf{LL_2}$ el resultado 1,72 encima de la cantidad 222 de la escala **C**.

Ejemplo: $11{,}5^{2{,}53} = 483$ (Fig. 27).

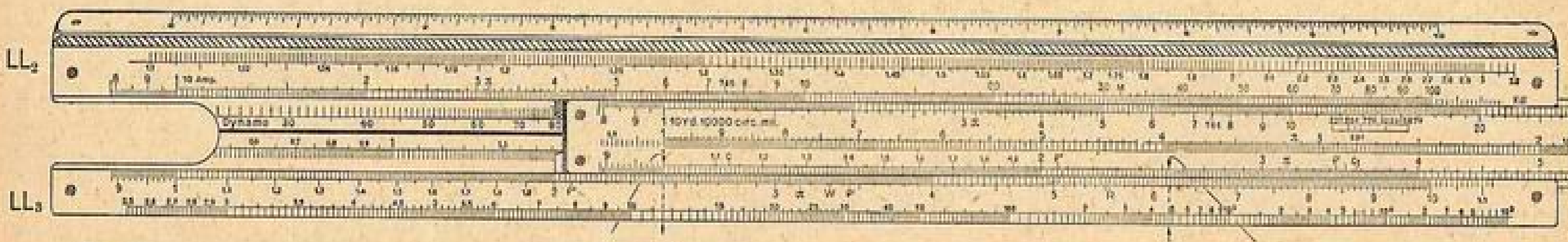


Fig. 27

En este caso se opera y se halla el resultado en la escala $\mathbf{LL_3}$.

Si la raya del cursor cae en la escala **C** tan a la derecha, que ya no dé lectura encima o debajo, debe colocarse la cifra 10 de dicha escala **C** encima o debajo de la cifra base. Cuando el exponente rebasa la cifra 10, es posible calcular en muchos casos la potencia aprovechando el paso de $\mathbf{LL_2}$ a $\mathbf{LL_3}$.

11. Ecuaciones exponenciales de la forma $a^x = b$.

Se coloca mediante la raya del cursor la cifra 1 de la escala **C**, o también la cifra 10 de la misma escala, debajo o encima de a situada en la escala log-log, y luego se coloca la citada raya encima de b en la misma escala log-log, y se hallará el resultado en la escala **C**.

La división para los rendimientos (CASTELL-Electro 111/98 véase pag. 24)

Se admite corriente continua o corriente alterna exenta de inducción. La superior de las dos escalas de fondo sirve para calcular los rendimientos de dinamos y motores.

La mitad izquierda de la escala (W) sirve para calcular el rendimiento de dinamos. Efectúa automáticamente la división por 735. (735 Watt = 1 PS.)

Las reglas No. 1/98, 111/98 y 4/98 van dotadas de un cursor de 5 rayas, que permite convertir directamente Vatios en Caballos de Fuerza y diámetro cualquiera en sección.

Ejemplo: Averiguar el efecto útil de una dinamo de 134 PS. y 80 kilovatios. (Fig. 28)

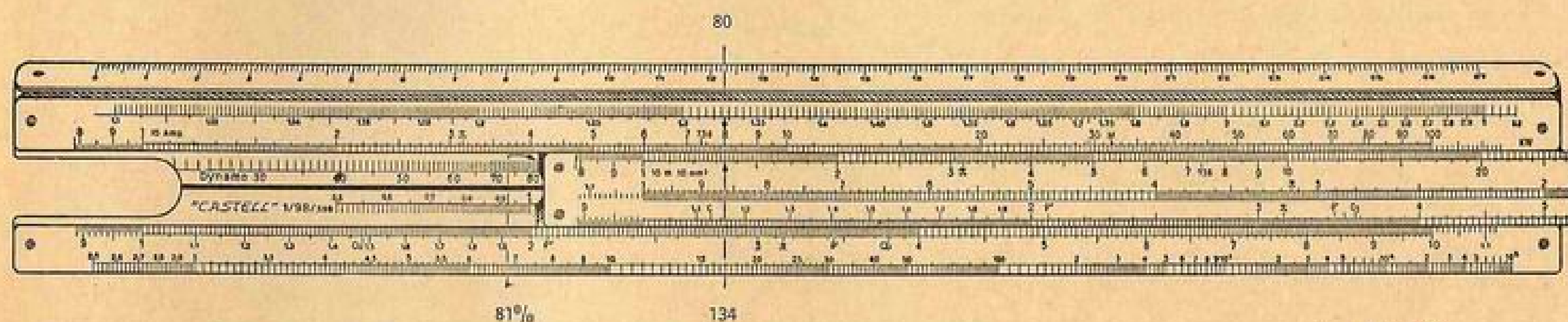


Fig. 28

El 134 de la división **B** (indicada por PS. en el margen derecho) se pondrá debajo de 80 de la división **A** (indicada por KW. en el margen derecho). La arista indica en la división de la dinamo un rendimiento de 81%.

Ejemplo: ¿Que potencia eléctrica se obtiene con 30 PS. de una dinamo de 88% de rendimiento?

La arista se pondrá sobre 88% de la división de la dinamo (W) y en la división de **B** se encontrará sobre 30 división **A** el resultado deseado, que en este caso será de 19,4 kilovatios.

Caso que el resultado encontrado no satisfaga, la regla de cálculo presenta en la posición arriba indicada una tabla, en la cual podrá leerse la potencia eléctrica para cada cantidad transmitida al árbol de la dinamo, p. e. encima de (**B**) 35 PS se lee 22,7 KW, encima de 43 PS el valor 27,9 KW.

La mitad derecha de la escala W sirve para calcular el rendimiento de motores.

Ejemplo: ¿Cuál es el rendimiento de un motor que con 17,1 kilovatios suministra 20 PS.?

Las dos cifras de la escala **A** de kilovatios y de la escala **B** se colocarán una debajo de otra, cuidando de que la arista aparezca efectivamente en la escala de los **motores W** (mitad **derecha**). Resultado: 86%.

Ejemplo: ¿Qué fuerza suministra un motor de un rendimiento de 80% con 500 voltios y 12 amperios (o sean 6 kilovatios)? Correr la arista sobre 80% de la división **W** y buscar sobre **A** la cifra 6, encontrando **B** debajo de 6,5 PS.

A fin de evitar equivocaciones, las reglas respectivas llevan las indicaciones KW. y PS.

En el modelo 111/98, las divisiones para establecer los grados de acción están acondicionadas en el borde inferior. El método de operar es análogo al de la regla de cálculo 1/98 solo que para leer y ajustar los valores en las divisiones motor o dinamo, el cursor se usa en el ajuste sobre C 1 (o sea C 10).

Ejemplos: Calcúlese el efecto útil de una máquina dinamo de 134 PS y 80 KW! Ajústese A 8 (80 KW) y B 1,34 (134 PS) uno debajo de otro, colóquese el cursor sobre C 1 y léase debajo de la raya del cursor en la división dinamo 81%.

¿Qué rendimiento eléctrico se obtiene con 30 PS de un dinamo con 88%?

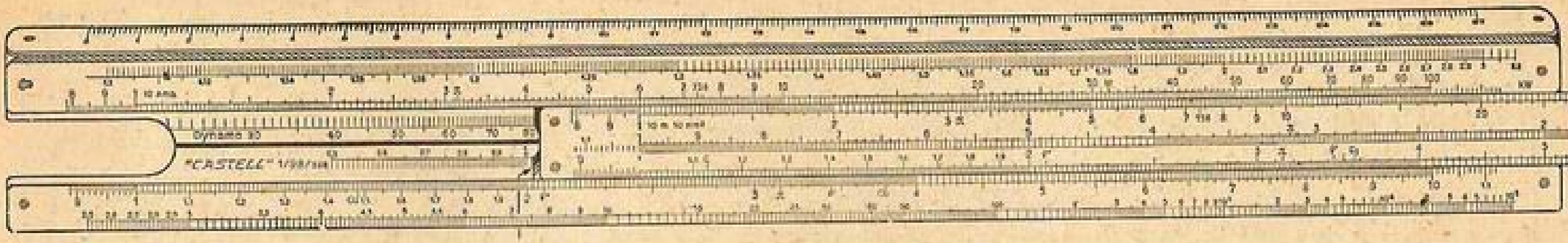
Con ayuda del cursor, se coloca C 1 sobre 88% de la división dinamo, se busca sobre la división B la cifra 3 (30 PS) y el resultado 19,4 se encuentra encima en A.

División para la caída de potencial (CASTELL-Electro 111/98 véase pag. 25 y 26)

La caída de potencial de una línea se lee en la división inferior del fondo, provista de cifras rojas, que efectúa esta división por **c**, siendo **c** = 56 la conductibilidad específica del cobre.

La caída de potencial de una sencilla línea de cobre para corriente continua, o para idem alterna con carga exenta de inducción, se calcula conforme a la fórmula: $e = \frac{J \cdot l}{c \cdot s}$ habrá que multiplicar **J** (intensidad de corriente) con **l** (longitud de la línea) y dividir por s (sección de la línea). La arista indica el resultado.

Ejemplo: Calcular la pérdida de caída de una línea de cobre de 76 m de longitud general con una sección de 70 mm² y 53 amperios de intensidad (Fig. 29).



1,03

Fig. 29

Póngase 1 de la escala superior (**B** 1) de la reglilla debajo de 53 amperios de la escala superior de la regla (**A** 5_3) (esta escala empieza con 10 amperios en cifras rojas), llévese el cursor sobre **B** 7_6 (empieza con 10 m) llévense **B** 7 debajo del trazo del cursor y léase en la arista el resultado: 1,03 voltios.

La escala del fondo indica la coma en su debido lugar únicamente, cuando los valores para **J**, **l** y **s** puedan ponerse en las escalas superiores, poniendo de base las cifras iniciales rojas de la izquierda. Si en el ejemplo anterior se tratara de una longitud de 760 m, por ejemplo, habria que servirse de la cifra 76 m y decuplicar el resultado (10,3 voltios). Si hay que poner 5,3 amperios, se tomarán 53 amperios y se reducirá el resultado a la décima parte.

(0,103 voltios).

Ejemplo: Caída de potencial en un circuito de 4 kilómetros de largo y 50 mm² de sección en el alambre de trabajo con un consumo de corriente de 29 amperios.

Se hace coincidir la cifra 1 de la escala **B** con 3 (30 amperios) de la escala **A**; se corre la raya del cursor sobre la cifra 40 (400 m) de la escala **B**; se coloca la cifra 5 (50 mm²) de la escala **B debajo** de aquella raya y se leerá el resultado 4,14 en la arista. Puesto que se utilizó 400 en vez de 4000 m, habrá que multiplicar el resultado por 10.

Resultado: 41,4 voltios.

En la regla de cálculo 111/98, las divisiones para establecer la pérdida de tensión están dispuestas en el borde inferior de la regla. El método de operar es análogo al del modelo 1/98, solo que para leer y fijar los valores en la división voltios el cursor se usa en la colocación sobre C 1 o sea C 10.

Ejemplo: Calcúlese la pérdida de tensión de un conducto de cobre sencillo de 76 m con 70 mm² de corte transversal y 53 amp. de intensidad de corriente:

Se coloca B 1 debajo de A 5,3 (53 amp.) se corre el cursor sobre 7,6 (76 m) se tira B 7 (70 mm^2) debajo de la raya del cursor y se pone el cursor sobre C 1. En la escala voltios se lee 1,03 voltios.

Formación de tablas: Para una pérdida de tensión aceptable (por. ej. 35 V) con un corte transversal de conducto dado (por ej. 60 mm^2) conviene formar tabla, que permita leer la relación de la carga sobre el largo del conducto.

Se coloca el filo sobre la pérdida de tensión admitida 35 V y el cursor sobre el corte transv. dado B 6 (aquí 60 mm^2).

Enseguida se vuelve la reglilla en tal forma, que las cifras queden paradas de cabeza y se corre B 1 debajo de la raya del cursor. Ahora los amperios aparecen en la escala A y los correspondientes largos de conducto sobre la escala B unos debajo de otros.

En el modelo 111/98 se coloca C 1 mediante la raya del cursor sobre 35 voltios pérdida de tensión, se corre la raya del cursor sobre el corte transv. dado B 6 (60 mm^2). Enseguida se vuelve la reglilla en forma tal, que las cifras queden paradas de cabeza y se corre B 1 debajo de la raya del cursor. Ahora los amperios están en la escala A y los largos de conducto correspondientes en B unos debajo de otros.

Ejemplos para las dos posiciones:	30 Amps. y 3920 m	50 Amps. y 2350 m
	35 Amps. y 3360 m	60 Amps. y 1960 m
	40 Amps. y 2940 m	70 Amps. y 1680 m

La señal negra de resistencia y la encarnada de peso

La señal **negra Cu** para cobre (no confundirse con C y C_1), sirve para la **determinación de la resistencia óhmica** de conductores (20° C).

Ejemplo: ¿Quál es la resistencia óhmica de un conductor de cobre de 5 mm^2 de sección y de 126 m de largo?

Ejecución: Se coloca, mediante el trazo del cursor 5 mm^2 en la división superior de la regla (**A** 5) frente a 126 m en la división superior de la reglilla (**B** 12_6). Luego se leerá frente la señal **Cu** en **B** la resistencia 0,45 ohmios.

La señal **encarnada Cu** para cobre (sirve también como aproximación para bronce) se aplica para el **cálculo del peso del conductor.**

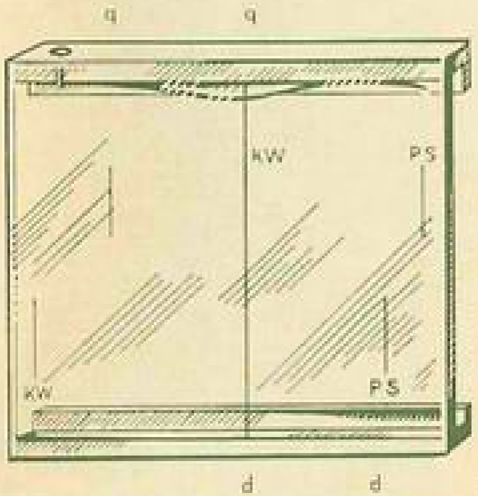
Ejemplo: ¿Quánto pesa un conductor de cobre de 1,5 mm^2 de sección y de 1,4 m de largo?

Ejecución: Se coloca mediante el trazo del cursor 1,4 m en la división superior de la reglilla ($B\ 1_1$) debajo de la señal encarnada **Cu.** Luego se leerá debajo de 1,5 mm^2 en la división superior **A** el peso 18,7 g en **B.**

Con la misma posición se encuentran también los pesos de conductores de otras secciónes, así, por ejemplo, con 2 mm^2 el peso de 25 g, con 2,5 mm^2 el peso de 31 g etc.

El cursor

El cursor de cinco trazos permite realizar sin movimiento de la reglilla varias operaciones muy importantes.



1. Calcular el área de una sección circular dado el diámetro. Se coloca el trazo pequeño inferior o el trazo principal del cursor (d) sobre el diámetro 3,2 cm de la escala inferior **D**, entonces se encuentra debajo del trazo próximo de la izquierda (q) y en la escala superior **A** el área 8,04 cm^2.

2. Calcular el volumen de un cilindro de 1,24 m de diámetro y de 3,24 m de largo. Si se coloca el trazo principal del cursor sobre **D** 1-2-4, entonces, se encuentra por encima el cuadrado de este diámetro y debajo del pequeño trazo superior de la izquierda del cursor en la división superior de la regla la sección del cilindro 1,207 m^2. Se coloca **B** 1 debajo de este resultado intermediario y sobre **B** 3-2-4 se encuentra inmediatamente en A el volumen 3,91 m^3.

3. Transformación de vatios en PS. y vice-versa.
   Ejemplo: Transformar 28 PS en kilovatios.

Colocando el trazo PS de cursor sobre 28 de la división (superior) de la regla **A**, se leerá debajo del trazo KW del cursor, asimismo en **A**, el número de los kilovatios buscados = 20,6. Para calcular aún más exactamente el número de vatios se coloca el trazo **inferior** PS de la derecha del cursor sobre **D** y se halla también sobre **D**, el número buscado de vatios 20,59 debajo del trazo inferior KW de la izquierda del cursor.

Los ejemplos de estas Instrucciones sirven para la indicación en el manejo de la regla de cálculo. Señalan, por lo tanto, los caminos más sencillos para alcanzar el fin propuesto.